



Nuestra portada:

Estuche astronómico construido por T. Volckamer en 1596 por encargo de Felipe II. Consiste en un astrolabio, los calendarios juliano y gregoriano y una cuerda para medir que también podía usarse como plomada (Museo Naval de Madrid).

Vol. XIX - N.º 113
Noviembre-Diciembre
2002

DIRECTOR
Carlos Barrueso Gómez

*

CONSEJO DE REDACCION:

Junta de Gobierno del Colegio
Oficial de Ingenieros Técnicos
en Topografía

*

DIRECCION, REDACCION,
ADMINISTRACION Y
PUBLICIDAD

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

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

Título clave: TOPCART
Topografía y Cartografía

Fotocomposición e impresión:
ALBADALEJO, S.L.

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

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

Esta revista ha sido impresa en papel
ecológico



Sumario

Editorial	5
Cronología de los Instrumentos Topográficos: Hasta mediados del siglo XIX Mario Ruiz Morales	6
Establecimiento de un Servicio de Correcciones Diferenciales en la Comunidad Valenciana José Luis Berné Valero e Israel Quintanilla García	18
Documentación Gráfica del Catastro Rústico Español: Del Croquis a la Ortofotografía Digital (y III) Manuel G. Alcázar Molina y Manuel Sánchez de la Orden	27
Aplicación del GPS en la detección de movimientos Jorge Moya Zamora	34
Modelando la dinámica empresarial del ejercicio de la Topografía mediante la simulación SURVSIM Tom Kennie y Chris Ward	38
Una nueva tecnología para un nuevo siglo: Los Sistemas Portátiles de Cartografía Móvil Cameron M. Ellum y Nasser El-Sheimy	46
Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Politécnica Superior de Ávila (Universidad de Salamanca)	59
Novedades Técnicas	62
Bibliografía	66
II Premio San Isidoro para Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica	68
Vida Profesional	70
Índices del Volumen XIX, 2002	76
Índice Comercial	79

5^a Semana Geomática B a r c e l o n a

“Cartografía, Telemática y Navegación”

Salón GlobalGeo

Fira Barcelona

11/14 Febrero 2003

5^a Semana Geomática

Organizadores:

 Generalitat de Catalunya
Institut Cartogràfic de Catalunya

 Escola Universitària
Politécnica de Catalunya

 Col·legi Oficial
d'Enginyers Tècnics
en Topografia
CATALUNYA

 INSTITUT DE
GEOMÀTICA

Sesiones técnicas sobre Cartografía,
Telemática y Navegación

Simposiums especializados

Premios “Jordi Viñas i Folch” y
“Luís Martín Morejón”

Salón GlobalGeo

Organizador:

 Fira de Barcelona

Exposición de las principales empresas
de la Geomática y la Geotelemática

5^a Semana Geomática
Sra. Mónica Guardia
Instituto de Geomática
Av. del Canal Olímpic, s/n
E-08860 Castelldefels
Tel. +34 93 556 92 80, ext. 0203
Fax +34 93 556 92 92
e-mail: infosg@ideg.es
<http://setmanageomatica.ideg.es>

Salón GlobalGeo
Sr. Jordi Freixas
Fira Barcelona
Av. Reina Ma. Cristina, s/n
E-08004 Barcelona
Tel. +34 93 233 26 31
Fax +34 93 233 23 69
e-mail: jfreixas@firabcn.es
<http://www.firabcn.es>

Editorial



El final del año nos lleva a la celebración de la Navidad, la Noche Vieja, el Año Nuevo y Reyes entre el paréntesis de los sorteos de la lotería más populares "la de Navidad" y "la del Niño". Todo son fiestas en las que la ilusión adquiere un protagonismo que cada cual valora en su escala personal, y que se manifiesta externamente en la felicitación y los mejores deseos de prosperidad y bienestar para el año nuevo.

Os quiero felicitar a todos los que formamos nuestro Colegio Profesional y quiero animaros a que miréis el futuro con optimismo e ilusión.

Concluye el año 2002 en el que con toda seguridad hemos prosperado, hemos avanzado superando obstáculos en unos casos, y en otros, nos habremos dado de bruces seguro, pero seguimos con firmeza en la difusión y conocimiento de nuestra titulación hacia la sociedad y las instituciones.

No me cansaré de repetir que vamos consolidando la utilidad de la Ingeniería Técnica Topográfica en los distintos sectores en los que intervenimos y que ello es posible porque demostramos que lo hacemos mejor, que somos profesionales y que una sociedad avanzada que cada día es más conocedora y exigente en sus solicitudes, que valora lo bien hecho y que busca soluciones de futuro, sabe que las cosas no se resuelven con aficionados que en nuestro sector abundan por todos los vientos, sino con profesionales responsables y capacitados con atribuciones plenas en el ejercicio de su profesión

Pienso que el año 2003 será un año de empuje y de total ocupación en el aspecto laboral, sin grandes vaivenes. Debemos tener claro el puesto que ocupamos en nuestra sociedad y no dudar en la defensa de los intereses profesionales. Seguir avanzando en el proceso de consolidación que es objetivo de la Junta de Gobierno y agradecer el esfuerzo de todos los que formamos el Colegio para nuestro bien y el de la profesión.

Feliz año nuevo 2003

Miguel Ángel Muñoz Gracia
DECANO DEL COITT

Cronología de los Instrumentos Topográficos: Hasta la mitad del siglo XX

Mario Ruiz Morales

INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA E INGENIERO GEÓGRAFO

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

A las librerías principalmente les serán ornamentos los muchos y raros libros, principalmente recogidos de aquella docta antigüedad. También serán ornamentos los instrumentos matemáticos: así los demás como los semejantes a aquellos que Posidonio dice que hizo, en los cuales se movían los siete planetas con sus propios movimientos, y como aquel de Aristarcho, el qual dizen que en una tabla de hierro tuvo la descripción del mundo y las provincias con artificio maravilloso

L'Architettura de L.B. Alberti

LA TOPOGRAFÍA EN EL MUNDO ANTIGUO

Los orígenes de la Topografía están asociados a la necesidad de procurar abastecimientos de agua y a la aparición de la propiedad.

Desde sus comienzos fueron imprescindibles los planos para realizar los proyectos o para justificar la propiedad y, llegado el caso, poder replantearla. Son de sobra conocidos los numerosos ejemplos de tablillas de arcilla, soporte de planos catastrales, procedentes del lejano oriente. Al muy conocido de la ciudad de Nippur podría añadirse otro más remoto (en torno al año 4000 a. C.) que muestra parcelas triangulares, rectangulares y trapezoidales, en las que figuran las medidas de sus lados y el área de las mismas.

Igualmente notorio es el desarrollo de la Topografía Catastral en el antiguo Egipto, con la posibilidad de replantear sistemáticamente el parcelario tras las periódicas inundaciones del río Nilo. Lamentablemente, la vulnerabilidad de los papiros hace que sean muy pocas las representaciones conservadas, aunque el de Turin sea una de las más notables excepciones. Una de las dos secciones de que consta, fechada alrededor del 1150 a.C., recoge dos caminos paralelos, conectados por otro transversal, que discurren por una región montañosa, simbolizada por perfiles abatidos. Su quehacer geométrico no quedó limitado a la agrimensura, sino que fueron frecuentes otro tipo de trabajos topográficos relaciona-

dos con sus majestuosas construcciones, tan bien orientadas. No puede dejar de citarse un ejemplo de topografía urbana tan significativo como el contenido en un ostracón del Cairo, que parece representar un croquis de la tumba de Ramsés IX en el valle de los reyes. Aunque sean tan pocas las evidencias gráficas, sí se conservan en cambio reglas graduadas, estatuas de agrimensores con sus cuerdas anudadas y fundamentalmente el papiro Rind (museo Británico), que contiene las normas básicas de la agrimensura egipcia. Herodoto dio cuenta en sus relatos de esas prácticas, llegando a atribuirles la invención de la Geometría y afirmando que desde allí pasó a Grecia.

Los griegos llamaban *arpedonaptos* (los que estiran la cuerda) a los agrimensores egipcios, los cuales empleaban en sus mediciones cuerdas graduadas en codos reales: cada codo real equivalía aproximadamente a 52 cm, justamente la separación entre nudos. En las biografías de Pitágoras se asegura que sus enseñanzas estuvieron influenciadas por la formación que recibió en Egipto y que él fue el primero en sentar las bases de la Geometría práctica, denominación con la que iba a ser conocida la Topografía desde entonces, siglo VI a. C., hasta el siglo XIX. Aún siendo cierta la citada influencia, también es cierto que los griegos mejoraron sustancialmente la tradición egipcia, al igual que hicieron con otras ciencias.

De todos los documentos que se conservan sobre la Geometría práctica de los griegos, sobresale el tratado de Herón de Alejandría, datado

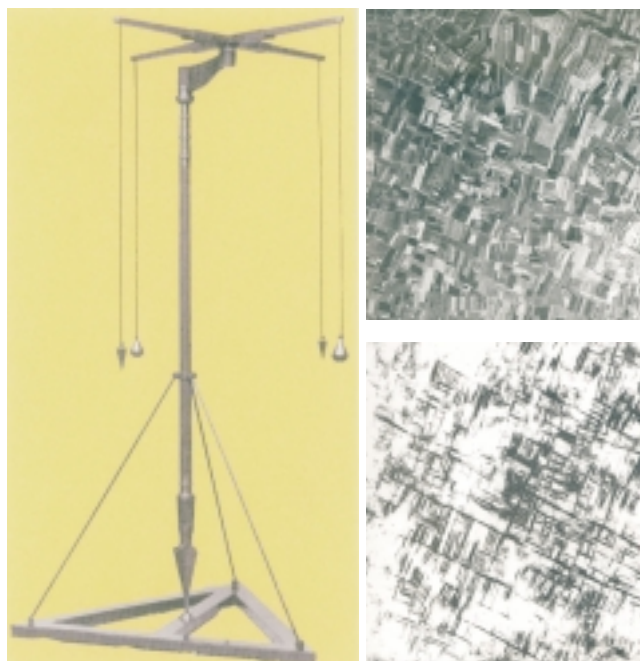


El codo del rey Amenhotep I (1559 - 1539 a.C.), el original se encuentra en el museo del Louvre.

en el siglo I de nuestra era, que parece haber jugado en la Topografía un papel análogo al desempeñado por la obra de Euclides en la Geometría métrica. En el tratado de Herón, titulado *Dioptra*, se describía un instrumento para medir distancias (*hodometer*) y otro para medir ángulos (*dioptra*), el más remoto antecedente de los modernos teodolitos. En él se detalla además el empleo de cadenas y cuerdas graduadas en codos, así como un nivel de agua y la correspondiente mira, con un blanco móvil. Igualmente disponían, en aquella época, de jalones y escuadras de agrimensor rudimentarias, llamadas *groma*, de ahí el nombre de *gromatici* con el que eran conocidos los topógrafos en el periodo grecorromano. El *groma*, colocado sobre su soporte (*fermentum*), les permitía aplicar el método de abscisas y ordenadas para localizar los puntos que pretendían situar en el plano. Para dibujarlo contaban con la regla graduada, la escuadra triangular (al parecer debida a Pitágoras) y el compás. Cuando se trataba de resolver problemas topográficos más complejos recurrían a la *dioptra*, que contaba con el *mediclinium*, un vocablo que sería traducido al árabe y adoptado después por el castellano como alidada.

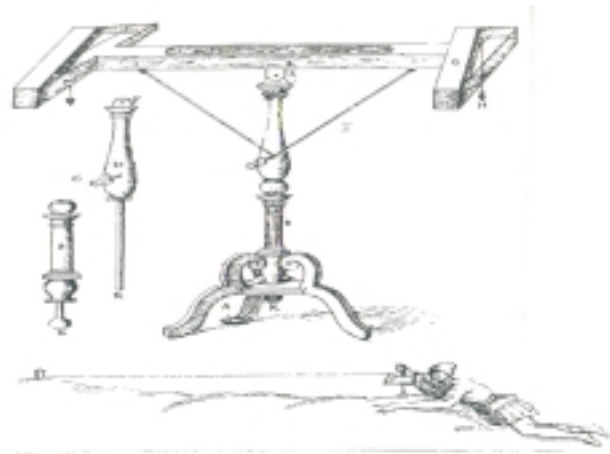
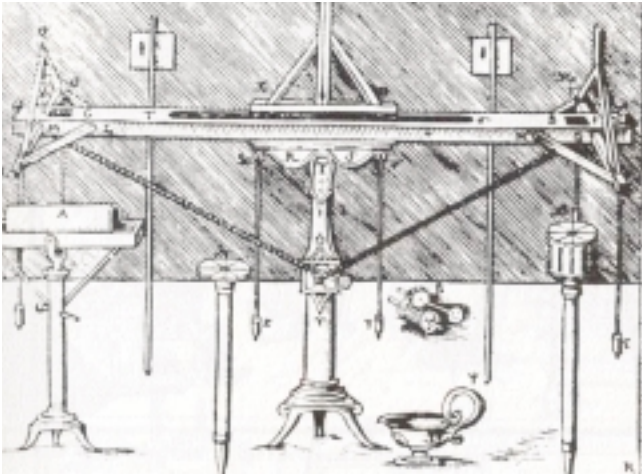
Los romanos emplearon los instrumentos y métodos griegos para la realización de este tipo de trabajos, tan necesarios en la construcción de sus grandiosos monumentos: la Cloaca Máxima y los numerosos acueductos son ejemplos significativos. Sin embargo, su aportación más notable en el campo topográfico se produce en su vertiente catastral. El catastro romano gozaba de propiedades sorprendentes para su tiempo, no en vano levantaban el perímetro de cada parcela. Los planos catastrales se efectuaron en todo el Imperio, archivándose una copia en la colonia y otra en Roma, distinguiéndose en ellos los célebres *kardo maximus* (N-S) y *decumanus maximus* (E-W), de igual modo figuraban los nombres de los propietarios. La influencia de la *centuración* romana perdura todavía en la parcelación aparente de zonas repartidas por todo el antiguo imperio. La centuria era una unidad de superficie próxima a las 50,4 hectáreas (2400x2400 pies romanos). Cada centuria tenía 100 heredia. El *heredium* tenía dos *ingera* y cada *ingerum* dos *actus* cuadrados (alrededor de 0,252 hectáreas). La fuente principal para conocer las técnicas de agrimensura en aquel imperio es el *Corpus Agrimensorum*, una colección de textos la-

tinios de diferentes fechas, pero todos con esa base común, que parece proceder del siglo IV d.C. El más conocido de todos los autores que contiene es Sextus Julius Frontinus, gobernador de Bretaña en el siglo I de nuestra era. La topografía urbana no permaneció al margen de las inquietudes romanas, el mejor exponente es sin duda el *Forma Urbis Romae*, un grandioso plano de población de 13 metros de alto por 18 de ancho, grabado sobre 151 placas de mármol, ultimado entre los años 203 y 208. El plano debió ser el oficial de Roma, ya que su campo cubría exactamente el territorio marcado por los límites de la ciudad entonces construida. Se supone que la escala estaba comprendida entre 1/240 y 1/250. Desgraciadamente sólo se conservan fragmentos del mismo aparecidos a partir del año 1562.



Reproducción de la Groma (Museo de Nápoles) y una fotografía aérea de la zona de Valence (Francia), con la Centuración fósil.

La nivelación fue otra de las ramas de la topografía profusamente practicada en todo el imperio romano. La práctica de la nivelación no puede datarse con exactitud, aunque indudablemente se empleara desde tiempo inmemorial en los trabajos de irrigación o en otros relacionados con la construcción. La materialización de la horizontalidad se conseguía en la antigüedad bien con el nivel de albañil, también llamado de perpendicular, o con un nivel de agua rudimentario. Los primeros niveles de albañil fueron triángulos equiláteros, luego convertidos en rectángulos, con un lado graduado, de manera que una plomada suspendida desde el vértice opuesto debía pasar por su centro cuando dicho lado fuese horizontal. El arquitecto romano Marcus Vitruvius Pollio describió, en el primer siglo antes de Cristo, unos rudimentarios niveles de agua denominados *chorobates*, en los que la horizontalidad quedaba definida por la superficie del líquido en reposo. El instrumento, cuya invención se atribuye a Carpos de Antioquia, constaba de una especie de viga de ma-



Esquema de Chorobates.

En la obra de Vitruvio (Ed. 1548) (a) y en el cuarto libro de Lastanosa (b)

dera de alrededor de seis metros de largo, que se apoyaba en el suelo mediante un tripode central. En el centro de la viga había una ranura, de 1,5 metros de largo y una profundidad de 2,5 centímetros, que se llenaba de agua para materializar con su superficie la horizontalidad. El *chorobates* fue transformándose paulatinamente en un nivel de agua, ya descrito en su obra por Heron de Alejandría, todavía en uso durante el primer cuarto del pasado siglo XX. El equipo de esta nivelación, también llamada hidrostática, se componía además de un par de miras de tablilla, que se situaban verticalmente en cada uno de los extremos del segmento que se pretendía nivelar. Las tablillas se pintaban en rectángulos alternados y se desplazaban a lo largo de un vástago, aunque se pudiesen fijar en un momento dado para marcar sobre él una determinada altura.

La descripción del *chorobates* aparece en el capítulo sexto del libro octavo, uno de los diez de que se componía *La Architectura* de Vitruvio, titulado "Del modo de nivelar las aguas, y de los instrumentos necesarios para ello". Vitruvio aseguraba que este instrumento era el mejor que podía emplearse para el abastecimiento de agua a las ciudades. De su obra se realizaron numerosas ediciones a partir del Renacimiento, añadiendo muchas de ellas figuras, aunque el original careciera de ellas. No es pues extraño que todavía se empleara en aquella época y que su descripción continuara apareciendo en diversas publicaciones. A título de ejemplo se citan las dos siguientes: La célebre *Architettura* de L. Batista Alberti, traducida del latín al italiano por Cosimo (1550) y luego al castellano por F. Lozano (1582). Sin embargo, antes habían aparecido "Los veintidós libros de los ingenios y de las máquinas", escritos por el ingeniero aragonés P. J. de Lastanosa entre los años 1564 y 1575, dedicando el cuarto a los niveles y a sus formas. Allí describió, el criado ordinario de Felipe II, el *corbate* "... que así es llamado por Vitruvio, y el vulgo le llama nivel de agua o peso". Valiéndose de la figura correspondiente, M. I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñero probaron recientemente que Lastanosa colaboró con Esquivel en la "Descripción y Corografía de España".

DESARROLLO INSTRUMENTAL Y METODOLÓGICO

Paradójicamente, en la Edad Media se produce un salto cualitativo de singular importancia en la historia de la Topografía; se trata de la controvertida aparición de la brújula, que condicionó instrumentos y métodos topográficos.

Todo indica que su origen ha de situarse en China, mencionándose en el año 83 una cuchara tallada de magnetita que al girar sobre una placa de bronce pulimentado señalaba hacia el Sur. La aparición de las brújulas con agujas suspendidas y su aplicación a la navegación parece ser más tardía, describiéndose entre los siglos IX y XIII. A los textos árabes ha de añadirse el del flamenco Pierre de Maricourt, aparecido en el año 1269 con el título *Epístola de Magnete*. En él se encuentra una detallada descripción de la brújula, citando que su aguja está montada sobre un pivote, situado dentro de una caja con cubierta transparente y provista



Medida de alturas con el astrolabio. (Juan de Rojas. París, 1550)

de una alidada superior. Consiguientemente, no es aventurado suponer que los principios de los levantamientos topográficos con brújula eran ya conocidos a finales del siglo XIII.

Por otra parte, la cadena y la escuadra no desaparecieron nunca, encontrándose siempre a la mano de arquitectos y constructores. Sin embargo, la necesidad de medir con más rigor las distancias y los desniveles de puntos alejados permanecía sin resolver en la frontera del Renacimiento, a pesar de ser requeridos tanto por viajeros como por militares. No es extraño, a la vista de ello, que surgieran entonces los primeros métodos indirectos para cuantificar tales magnitudes, basados en las medidas angulares y en los instrumentos que venían empleándose en las operaciones geodésicas (medida de la latitud fundamentalmente) y astronómicas.

El primero y más importante fue el astrolabio, esencialmente compuesto por un círculo graduado, suspendido de una anilla, y de una alidada diametral móvil. No obstante, los topógrafos de la época también lo usaron colocándolo sobre un plano horizontal, a modo de planisferio, para realizar intersecciones, a tenor de lo recogido en textos de la época. De todos ellos hemos seleccionado tres. El primero de ellos es *Commentarium in astrolabium quod planisphaerium vocant...* (París, 1550) escrito por el astrónomo español Juan de Rojas entre 1545 y 1546. Su Libro Cuarto trata de la medida de alturas, distancias y profundidades, tras haber descrito el astrolabio o planisferio en su capítulo primero.

En segundo lugar citaremos los *Libros de Geometría Práctica* del matemático francés Oroncio Finé, traducidos del latín al castellano, en 1553, por Jerónimo Girada, cosmógrafo de Carlos V, aunque en la portada de la obra, añadida en el siglo XVII, figure el ya citado Pedro Juan de Lastanosa. Así lo aseguran y demuestran, con toda profusión de detalles, M.I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro (*Aspectos de la Ciencia Aplicada en la España del Siglo de Oro* p.p. 301-313. 1991). En su libro segundo menciona las medidas lineales, superficies y cuerpos "... así mesmo del quadrado geométrico, y de los báculos que llaman mensorios". Concretamente, en su capítulo IV se describe el cuadrante del círculo, instrumento que, como el astrolabio, parece que fue introducido por los musulmanes en Occidente antes del año 1000. Después de explicar pormenorizadamente su construcción, que ilustra con las correspondientes figuras, indica su empleo para medir distancias, alturas y desniveles. En todos los casos se basan las medidas en semejanzas de triángulos, siguiendo así lo recogido en las proposiciones de los *Elementos de Euclides*.

Por último, mencionaremos el libro del italiano Galucci, con un título tan sugestivo como *Della fabrica et uso de diversi stromenti di astronomia et*



Cuadro Geométrico y Torquete.

cosmografia ove si vede la somma della teorica et pratica di queste nobilissime science (Venecia, 1598). En esta obra aparece, además de la del astrolabio, las descripciones de instrumentos tales como el torquete, la vara o báculo de Jacob (también llamada ballestilla) y el cuadrado geométrico con alidada incorporada, un instrumento que venía siendo usado desde muchos años atrás por personajes tan célebres como Regiomontanus, nombre latino de Johann Müller, considerado por muchos como el fundador de la trigonometría moderna.

A estas alturas del siglo XVI ha de citarse el desarrollo de la Topografía en los Países Bajos por contar con el decidido apoyo del Emperador Carlos, quien en el año 1533 había ordenado el levantamiento catastral del norte de Holanda. La continuada realización de los planos parcelarios requirió la creación de un cuerpo profesional de topógrafos, cuyo reglamento fue promulgado por el propio Carlos V en 1534. El director de los trabajos de campo fue el topógrafo y cartógrafo Corneliszoon, secundado por Jacobzoon y Meeuwzoon. El resultado de los trabajos fueron unos planos tan fiables que soportan su comparación con los actuales a pesar del tiempo transcurrido.

También fue el Emperador el que encargó una representación fidedigna de los Países Bajos, recurriendo para ello a J. Deventer por su gran prestigio, primero como alumno y luego como profesor de la Universidad de Lovaina. El resultado de sus entregas parciales debió de ser del agrado del emperador, que le nombró su cartógrafo, asignándole una renta mensual que sería conservada por Felipe II, también admirador de su obra. Los trabajos topográficos, sumamente detallados –incluían los planos de población de todas las ciudades importantes, además del resto de la planimetría– se recogieron en tres volúmenes, que se entregaron al rey Felipe tras el fallecimiento del topógrafo holandés. Los planos de Deventer sirvieron, primero a Mercator, para confeccionar su mapa de Flandes, y luego a A. Ortelius, para realizar el mapa general de las diecisiete provincias, incluido en sucesivas ediciones de sus conocidos atlas.

J. Deventer fue profesor de G. Frisius, autor del célebre *Libellus de locorum describendorum ratione*, la primera obra en que se mencionan las novedosas observaciones de la triangulación. Aunque el origen de la triangulación sea tan controvertido, debería ser mayor el protagonismo de Deventer, por haber sido el primero en practicarla. Lo que sí es descartable es la idea de que el método fuera ideado por P. Esquivel o por J. P. Lavanha, pues los holandeses, y sobre todo Deventer, lo emplearon en sus levantamientos de Flandes unos treinta años antes de que el español y el portugués emprendieran sus trabajos.

El avance cartográfico, favorecido tanto por el Emperador como por su hijo, no hubiese sido posible sin un desarrollo instrumental sostenido, directa o indirectamente, por ambos personajes. El interés de Carlos V por los instrumentos matemáticos se explica en gran medida por sus probadas relaciones con un singular grupo de cosmógrafos flamencos,



Estuches astronómicos de Felipe II

cuyos miembros principales acaban de ser citados. Unas relaciones que, en algunos casos, como las que mantuvo con el también médico G. Frisius, llegaron a ser de verdadera amistad. Frisius era un afamado constructor de instrumentos, con un taller por el que pasarían alumnos que alcanzarían, con el tiempo, un mayor protagonismo que el profesor. Mercator, el Tolomeo de su tiempo, fue uno de esos alumnos, aunque su prestigio se deba más a su ingente producción cartográfica.

Por iniciativa del emperador construyó el holandés varios lotes de instrumentos para su empleo en las campañas militares. Una primera entrega fue un pequeño cuadrante, un anillo astronómico, un reloj de sol (probablemente de bolsillo), así como compases y brújulas. No obstante, el conjunto instrumental más sobresaliente fue el sistema de dos globos, formado por uno celeste que envolvía al terrestre. Sobre la superficie del primero, hecho de cristal transparente, grabó con un diamante las estrellas y diferentes constelaciones; el segundo, de madera, estaba cubierto por un cuidado mapa constituido por husos y casquetes. Mercator escribió para el emperador una nota aclaratoria (*La Declaratio*) que entregó personalmente al emperador en el año 1553, además de una brújula, un gnomon esférico, un cuarto de círculo y un anillo astronómico de cinco círculos. Como premio, Carlos V lo incorporó a su casa con el título de *Imperatoris Domesticus*, continuando con sus privilegios bajo el reinado de Felipe II.

Igual de notorio debió ser el interés de este rey por el mismo tipo de instrumentos, tan necesarios para la formación del mapa de España que le había encargado a Esquivel. Es muy elocuente, al respecto, el fragmento que se reproduce de la carta que envió el rey al secretario Gonzalo Pérez, precisamente a la muerte del sucesor de Esquivel: "He entendido la muerte de Don Diego de Guevara, de que me ha pesado, y hásemelo acordado que creo tenía los instrumentos y otros papeles de Esquivel. Será bien, si es así, que los hagáis cobrar, que Herrera sabrá dellos, porque no se pierdan y se pueda continuar la carta de España que él hacía, en que creo yo podría entender Herrera". Otra prueba indirecta de los conocimientos geográficos de este rey son los estuches astronómicos que construyó para él T. Volckamer en el año 1596, tan bien conservados en el Museo Naval de Madrid. En uno de ellos aparece un reloj de sol apoyado en un planisferio y una brújula con los vientos correspondientes; en el otro se aprecian un magnífico astrolabio y los calendarios juliano y gregoriano, así como una cuerda para medir, que también podía usarse como plomada.

Hasta llegar al final del siglo XVII se produce tal avance en la instrumentación que es tan difícil como inútil el hacer una completa descripción de la misma. Sin embargo si debemos mencionar, de pasada, los instrumentos que fueron especialmente útiles para el posterior desarrollo de la Topografía. El motivo de tal avance debe buscarse en la urgencia para solucionar el problema de determinar correctamente tanto las distancias como los desniveles, para que así pudiera hacerse buen uso de las piezas artilleras. A tan apremiante necesidad se añadía la de contar con pla-

nos más detallados de los posibles objetivos. Como primeras innovaciones conviene citar la asociación del astrolabio y la brújula en un instrumento construido en Holanda. Poco después el astrolabio se transforma totalmente, hasta llegar al denominado círculo holandés, con la singular posibilidad de medir ángulos sobre planos inclinados. No obstante, hay que hacer notar que durante mucho tiempo después continuaron empleándose semicírculos e incluso cuartos de círculo para la medida de los ángulos de los triángulos. Así lo hicieron primero W. Snellius (entre 1615 y 1617) y luego Picard en sus mediciones del arco de meridiano.

Fueron precisamente esas medidas angulares y las dificultades que se presentaban al no disponer más que de un sector circular, las que llevaron a la construcción del grafómetro, el instrumento más ampliamente usado por los topógrafos hasta bien entrado el siglo XIX. Este instrumento servía simultáneamente para medir el ángulo formado por dos direcciones y para representarlo sobre el plano. Con su semicircunferencia dividida y su alidada se podían medir ángulos comprendidos entre 0° y 180° y luego dibujarlos con el transportador que usaba como accesorio. Asimismo, podían calcularse trigonómicamente las distancias desde las estaciones a los puntos observados, es decir, se lograba la puesta en práctica de las intersecciones directas y de la triangulación.

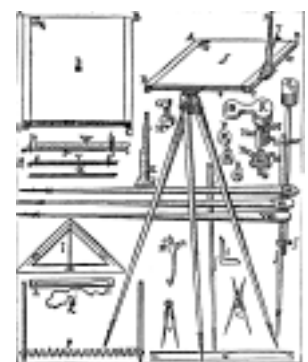
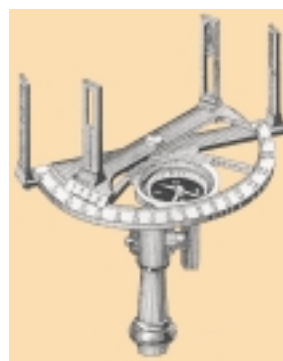
Otro fruto de la evolución instrumental fue la aparición de la brújula topográfica. Aunque no pueda fijarse con precisión la fecha exacta, si se dan muchos detalles del instrumento en la obra de N. Tartaglia *Quesi ti et inventioni diverse*, escrita en Venecia entre 1520 y 1560. En efecto, en ella aparecen desde la construcción de sus principales elementos hasta el *modus operandi*: radiación e itinerario. El instrumento se apoyaba sobre un bastón semejante al de la escuadra de agrimensor.

Las planchetas aparecen descritas por primera vez en los libros de Topografía de los siglos XVII y XVIII, procediendo evidentemente del círculo graduado ya citado. La plancheta circular no era más que un disco de madera o metálico, como el grafómetro, montado sobre un trípode con una rótula que permitía su calado horizontal. En el centro del disco había un pivote para ajustar la alidada, cuyo borde pasaba también por el centro (en los instrumentos que se consideraban precisos las alidades ya habían sido sustituidas primero por los anteojos terrestres y después por los astronómicos con cruz filar). Antes de colocar la alidada se pegaba sobre la plancheta una hoja de papel o de cartulina, sobre la que se iban dibujando tantas líneas como puntos fuesen visados. Repitiendo la operación en cada una de las estaciones previstas, con el correspondiente papel, se estaba en condiciones de orientar todas las hojas sobre una mayor y así poder dibujar el plano producto del levantamiento. Se comprende pues que esa operación no se pudiera efectuar sobre el terreno, lo cual suponía un cierto inconveniente que se evitó con la aparición de la plancheta cuadrada con alidada libre. Durante un tiempo ambas planchetas se usaron simultáneamente, la circular para efectuar las medidas y la otra para confeccionar el plano propiamente dicho.

En la frontera de los siglos XVI y XVII aparece por primera vez el an-

tejo, cuya importancia va mucho más allá de las evidentes aplicaciones topográficas. Con él y gracias a él pudo Galileo revolucionar la historia de la Astronomía y la del conocimiento. No hay unanimidad al fijar el nombre del inventor, aunque generalmente se acepte la opinión de J. Sirturo, discípulo de Galileo, que citaba a los hermanos Roget de Gerona; en todo caso son reveladoras y concluyentes las aportaciones de J.M. Simón-Guilleuma, publicadas en 1960 (*Juan Roget, óptico español inventor del telescopio*. Actas del IX Congreso Internacional de Historia de las Ciencias. Barcelona), según las cuales antes del año 1593 se habían construido anteojos de larga vista en los talleres barceloneses (una de las pruebas puede ser la siguiente: en marzo de ese año falleció P. Cardona, un oligarca catalán, que entre sus bienes dejó una "... *ullera llarga guardada de llautó*"). Otros en cambio mencionan a los holandeses Z. Jansen y H. Lippershey, añadiendo que el segundo de ellos se lo entregó a M. Nassau para que lo usara en la guerra contra los españoles, recibiendo por ello una recompensa de 900 florines. J. North, en su *Historia Fontana de la Astronomía y Cosmología* (Fondo de Cultura Económica. México, 2001), dice al respecto: "*Cualquiera que sea la verdad, la primera evidencia no ambigua que tenemos de que había sido hecho un telescopio efectivo se encuentra en una carta fechada el 25 de Septiembre de 1608; en ella el Comité de Consejeros de la provincia holandesa de Zelanda se dirige a su delegado ante los Estados Generales en la Haya, diciendo: el portador reclama los derechos sobre cierto artefacto por medio del cual todas las cosas a grandes distancias pueden ser vistas como si estuvieran cerca si se mira a través de unos cristales y afirma que es una invención nueva*".

Coincidiendo con la aparición del antejo nacen los primeros instrumentos topográficos que permitían la medida simultánea de los ángulos horizontales y verticales: el teodolito y la plancheta de J. Richter. La invención del teodolito se debe al matemático inglés L. Digges, que lo diseñó antes del año 1571, a tenor de lo asegurado por su hijo Thomas. El teodolito era, entonces como ahora, un goniómetro completo e ideal para medir los tres ángulos de un triángulo y observar una triangulación. A pesar de ello, su empleo generalizado no se impuso hasta la primera mitad del siglo XIX. Conviene recordar en este momento que en sus comienzos la triangulación se calculaba gráficamente, tal como hizo Digges, por la dificultad de lograrlo trigonómicamente al contar con unos medios de cálculo tan rudimentarios. Asimismo, debe tenerse presente



El Grafómetro y la Plancheta pretoriana.

que la triangulación como armazón del posterior levantamiento topográfico fue también una brillante idea de mediados del siglo XVII, propuesta concretamente por Picard cuando proyectó sus trabajos sobre el meridiano de París.

En lo que se refiere a la nueva plancheta, también llamada *pretoriana* (por el nombre latino de su inventor Jean Praetorius), su principal innovación fue la incorporación de un eclímetro móvil, en torno a un eje horizontal, con la correspondiente alidada alimétrica, que permitía medir ángulos verticales. Su discípulo D. Schwentert explicó sus aplicaciones en la obra *Geometriae practicae novae et auctae, tractatus III* (ménsula praetoriana, Nuremberg, 1618), acompañándolas de los correspondientes gráficos: medida del ancho de un río, dobles intersecciones, alturas y depresiones sobre el horizonte, entre otros.

También fue en el siglo XVII cuando se idean los accesorios de precisión que perfeccionarían los instrumentos topográficos, posibilitando además la aparición de otros nuevos, como los niveles, que llegaron a transformar los métodos observacionales y por fin lograron cuantificar y representar adecuadamente el relieve terrestre.

Entre los principales órganos de precisión citaremos el nonius, inventado por el portugués P. Nunes en el siglo XVI, aunque en 1580 Curtius mejoró las lecturas de los limbos, Clavio dio su teoría matemática hacia 1593 y P. Vernier lo unió finalmente a la alidada en el año 1631. Otro elemento imprescindible resultó ser el micrómetro, ya ideado primero por Huygens en torno a 1659 y luego descrito por A. Azout en 1666, aunque el inglés Gascoigne hubiese inventado un dispositivo análogo hacia el año 1639, que usó en observaciones astronómicas. Al astrónomo inglés se debe asimismo la idea de incorporar una cruz filar en el anteojo astronómico, aunque fuese Picard el que consagrara su empleo al utilizarlo en todos sus trabajos.



Brújula con alidada de pínulas (M. Naval) y Círculo de reflexión de Borda (IGN).

El nivel de aire, aparato tan simple como útil, se debió al francés M. Thévenot, un matemático en cuyo domicilio se gestó la creación de la Academia de Ciencias, cuyas primeras actividades datan de comienzos de 1666. La aparición del nivel de Thévenot no fue un hecho aislado, en las *Memorias de la Academia de Ciencias Francesa* aparecen descritos cuatro más, ideados por O. Römer, Ph. de la Hire, Huygens y Picard. A Picard se debe el método de la nivelación geométrica, que empleó en los trabajos realizados en los jardines de Versalles. A los nombres anteriores habría que añadir los de Egault, Lenoir y Brunner por las modificaciones y perfeccionamientos esenciales que introdujeron. Tampoco se debe dejar de mencionar los trabajos tan precisos que realizó Bourdaloué en Suez y su iniciativa para proceder a la nivelación general de Francia. Con las aportaciones de todos ellos se posibilitó, definitivamente, el comienzo de los levantamientos alimétricos verdaderamente fiables. En esa misma época aparece el primer pantógrafo, ideado por el jesuita Ch. Scheiner, un instrumento articulado para reducir o ampliar dibujos, que no alcanzó su mayor perfección hasta bien entrado el siglo XIX y que se empleó con frecuencia durante todo el siguiente.

En pleno siglo XVIII se idean métodos para tratar de eliminar los errores de excentricidad de división de los limbos, etc. Los de reiteración y de repetición surgen en Alemania, debiéndose el segundo al astrónomo y topógrafo T. Mayer, aunque se extendiera su uso por haberlos aplicado el francés J. Ch. Borda a sus dos círculos: de repetición y de reflexión, igualmente repetidor. En la segunda mitad del siglo propone otro alemán, el constructor G. F. Brander, el empleo de una regla logarítmica que había fabricado para simplificar el cálculo de las distancias. Brander construyó además una plancheta universal con la que medir alturas o depresiones. A él debe considerarse como el precursor de la taquimetría, según afirmaba A. Laussedat en su monumental obra *Recherches sur les Instruments, les Méthodes et le Dessin Topographiques* (Paris, 1898).

El matemático y físico inglés G. Green concibió el primer anteojo estadiométrico y la mira correspondiente, tal como recoge su publicación *Description and use of an improved reflecting and refracting telescope and scales for surveying* (Londres, 1778); no obstante, parece que el empleo de tan novedosa técnica no se aprovechó plenamente hasta comienzos del siglo siguiente. En el año 1822 una comisión presidida por R. Bonne examina un conjunto de medidas realizadas con estadia (un vocablo acuñado por la misma época en Italia) y con cadena. Al resultar las dos del mismo grado de exactitud, se impuso su empleo a los Ingenieros Geógrafos franceses, seis años después, mediante la correspondiente instrucción; ello no impidió que se hiciera caso omiso de la misma hasta la

segunda mitad del siglo. Hacia 1809 el alemán G. Reichenbach había optimizado el anteojo de Green al lograr uno con el que demostró cómo todas las correcciones a la medida efectuada se podían reducir a una constante. Sin embargo, el uso generalizado de estos procedimientos estadimétricos no se produjo hasta pasado el año 1849, fecha en que I. Porro dio a conocer su anteojo analítico y la consecuente eliminación de la constante aditiva de Reichenbach. A este ingeniero italiano se debe la idea de los números generadores y el impulso definitivo que experimentó la taquimetría (a la que él denominaba celerimetría). Mención especial merece la introducción que realizó de las coordenadas cartesianas en el dibujo del plano en detrimento de las polares, mejorando así sustancialmente la calidad de la representación.

Llegados al siglo XIX sólo nos quedan por señalar algunas de las últimas aportaciones en el campo instrumental. Comenzaremos con los anteojos autorreductores, que evitaban el cálculo de la distancia reducida y el tedioso manejo de las tablas taquimétricas. Fue con estos primeros ejemplares, ideados también por Porro, cuando se acuñó la palabra taquímetro, aunque luego se extendería a todos los teodolitos que contaban con un anteojo estadimétrico. Otra innovación singular de Porro fue la declinatoria que, según sus propias palabras, permitía determinar exactamente la declinación de la aguja imantada y orientar el instrumento, aunque no fuese de utilidad en el resto del levantamiento. Peaucellier y Wagner fueron los primeros en proponer el empleo de la mira horizontal, hacia el año 1893, que se transformaría a la larga en un método relativamente exacto para hallar las distancias reducidas, una vez mejorado tanto con la aparición de la cuña estadimétrica como con el empleo de la aleación invar (de invariable) en la mira de longitud fija. La aleación, un acero al níquel ideal, fue descrita por primera vez en *La Mesure rapide des bases géodésiques*, publicado por R. Beniot y su adjunto Ch. Ed. Guillaume, en 1895, con el fin de que sustituyera al platino iridiado, que se empleaba al hacer el metro patrón.

Al suizo Guillaume se le concedió el premio Nobel de Física en el año 1920 por sus continuos trabajos en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, así como por sus inventos de gran utilidad práctica. Con ese metal se fabricaron hilos con los que medir las bases geodésicas, una vez suspendidos según el principio que el sueco Jäderin había establecido hacia 1885 en la Escuela Politécnica de Estocolmo, además de cintas y miras de gran estabilidad ante los cambios de temperatura. En la referida publicación se decía que el coeficiente de dilatación de un acero, al 36% de níquel, era menor de 10^{-6} por grado, cuando el del platino es $8,87 \times 10^{-6}$, el del hierro $11,7 \times 10^{-6}$ y el del níquel $12,5 \times 10^{-6}$.

A partir de entonces la evolución de los instrumentos y métodos topográficos, que venimos comentando, no sufre una transformación radical hasta el último tercio del pasado siglo XX. Sirvan de muestra los siguientes ejemplos. Hasta esa época no se fabrican los anteojos con visión directa, en los que un conjunto de prismas acromáticos se disponían en su sistema óptico de modo que la imagen final observada no es

invertida. En todo caso, la culminación del desarrollo topográfico tiene lugar gracias al que paralelamente había experimentado la electrónica, la informática y las telecomunicaciones en general. Elementos tan convencionales de la Topografía clásica, como la libreta de campo, el observador y los medios de cálculo y dibujo, empiezan a ser superados al emplearse las estaciones totales robotizadas, en las que los datos observados son procesados en tiempo real, siendo posible, además, el dibujo instantáneo del plano, en el supuesto de que la estación esté conectada con otra de control. Por último, ha de destacarse la imparable incidencia de las técnicas propias de la Geodesia espacial, que han alcanzado de lleno a la Topografía; es evidente que en su historia se hablará de un antes y un después del GPS. La revolución afecta por supuesto a las tradicionales medidas de ángulos, distancias y desniveles, que en muchas situaciones carecen ya de sentido. No obstante, conviene insistir en que el GPS no es la panacea que soluciona todos los problemas topográficos, aunque sí la mayoría de ellos. Aún más reciente es el novedoso reconocimiento y modelado tridimensional de objetos, que pueden observarse desde cualquier perspectiva. Esa nueva tecnología topográfica se apoya en los radares láser de alta velocidad y precisión, además de en los correspondientes programas. Uno de los prototipos es el denominado Cyrax 2500, junto al software 30 Cyclone, comercializado por la firma LEICA, capaz de procesar grandes nubes de puntos directamente en AutoCAD y MicroStation. El principio de su funcionamiento es simple, en primer lugar se selecciona el área de interés, seguidamente el escáner obtiene una imagen formada por una nube de píxeles, con un sombreado diferente, que la hacen visible; finalmente los objetos seleccionados pueden ser girados para que sean observados, desde varios puntos de vista, diferentes modelos de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Elola, J. *Planimetría de precisión*. Madrid. 1903.
- Jordan, W. *Tratado general de Topografía*. 9ª ed. Barcelona. 1978.
- Kiely, E. R. *Surveying Instruments: their history*. New York. 1979.
- Laussedat, A. *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques*. Tres tomos. París. 1898, 1901 y 1903.
- Martín López, J. *Historia de la Topografía y de la Cartografía*. Madrid. 1995
- Michel, H. *Scientific Instruments in Art and History*. Londres. 1966.
- Minov, H. *Historical Surveying instruments: List of collections in Europe*. Wiesbaden. 1990.
- Passini, G. *Topografía*. 2ª ed. Barcelona. 1940.
- Ruiz Morales, M. *Los Cosmógrafos flamencos y Carlos V*. Madrid. 2000.
- Ruiz Morales, M. y Ruiz Bustos, M. *Forma y Dimensiones de La Tierra: síntesis y evolución histórica*. Barcelona. 2000.
- Turner, G. L.E. *Scientific Instruments 1500-1900: An introduction*. Londres. 1998
- Vicente Maroto, M.I. y Esteban Piñero, M. *Aspectos de la Ciencia Aplicada en la España del Siglo de Oro*. Valladolid. 1991. ■

Establecimiento de un Servicio de Correcciones Diferenciales en la Comunidad Valenciana

José Luis Berné Valero

Israel Quintanilla García

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

INTRODUCCION

La tecnología GPS ha supuesto un cambio en la forma de trabajar en el campo de la Geodesia y de la Cartografía. En la actualidad sólo se concibe el establecimiento de las redes geodésicas a partir de observaciones GPS, cuestionándose incluso la necesidad de establecer redes geodésicas permanentes, en el sentido clásico, y de establecer vértices geodésicos perfectamente amojonados. Posiblemente, en el plazo de pocos años se hable más de las redes geodésicas virtuales que de los vértices. Así mismo, el establecimiento de estaciones permanentes GPS en observación continua, que almacenan datos y se ofertan vía Internet, es una realidad ya desde hace unos años. También es cierto que en muchos trabajos cartográficos o de orientación la precisión exigida puede ser del orden de valores métricos o submétricos, y es aquí donde encuentran en estos momentos su operatividad las estaciones de emisión de correcciones diferenciales de código, en sistemas abiertos vía radio, GSM, UHF o radiofaros. Si la tecnología digital lo permite, hablaremos de correcciones centimétricas y eso puede ser otra gran revolución en el campo de la Topografía y la Cartografía, ya que estos sistemas podrían transmitir correcciones en fase. Pero en los últimos años se ha cuestionado enormemente este tema, no por problemas técnicos, ya que la tecnología DAB (Digital Audio Broadcasting) sí que lo permite, sino por problemas de aceptación de la radio digital.

En resumen, con fecha 2002 podríamos decir que hay tres situaciones claras:

1. Estaciones permanentes con almacenamiento de datos. Caso de la Red Nacional de Estaciones de Referencia ERGPS del IGN. Trabajo en postproceso
2. Estaciones permanentes con emisión de correcciones diferenciales de código vía radio. Proyecto RECORD del IGN, Proyecto RASANT del ICC o proyecto de Radiofaros. Trabajo en tiempo real
3. Estaciones permanentes con emisión de correcciones de fase. Iniciado en España en el ICC y muy extendido en Alemania (Programa SAPOS) pero en estos momentos en debate.

En esta revista ya se ha hablado de ello ("Proyecto RECORD", nº 106, año 2001), pero es el propósito de este artículo explicar la complejidad de poner en marcha una estación de emisión de correcciones diferenciales. Algo que sin duda puede estar al alcance de cualquier autonomía o institución.

Es interesante visitar las páginas www.geo.ign.es e www.icc.es

El Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), en colaboración con la Radio Autónoma Valenciana, Radio Nou, ha establecido un servicio de correcciones diferenciales, vía radio, en el ámbito de la Comunidad Valenciana. Con fecha enero de 2002 ya estaban realizados todos los ensayos y se ha establecido su equipamiento, siendo operativo desde septiembre de 2002.

Es objetivo del Departamento y de sus investigadores que este servicio pase a ser gestionado por el Instituto Cartográfico Valenciano, si así lo entiende éste, como servicio gratuito y de asistencia al ciudadano

De igual forma, se decidió que las correcciones diferenciales se difundirían por la banda RDS de la Radio Autónoma Valenciana, Radio Nou, después de comprobar que era el mejor sistema para dar cobertura a toda la Comunidad Valenciana.

ESTRUCTURA Y DESARROLLO DEL PROYECTO

El establecimiento de este servicio, en su fase de experimentación, se estructuró en tres partes:

- Establecimiento de las correcciones diferenciales en la Estación de Referencia (ER), con los diferentes elementos que la integran
- Transmisión de las correcciones diferenciales a través de RDS con la calidad y latencia necesaria
- Recepción y análisis de los datos obtenidos

Estación de referencia (ER)

La Estación de Referencia está formada por diversos componentes: una antena, encargada de capturar los datos GPS, una estación diferencial, encargada del procesado de datos y cálculo de correcciones, y un PC, con el software capaz de recogerlas en formato RTCM.

En la terraza de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartografía y Topografía (ETSIGCT) se encuentra un vértice con centrado forzoso perteneciente a la Red Geodésica de 4º orden de la Comunidad Valenciana, que fue el sitio donde se situó la antena receptora.

La antena utilizada para la Estación de Referencia es una geodésica bifrecuencia Trimble L1/L2 MicroCentered Antena, con un amplificador de LNA (Low Noise Amplifier) activo para la banda L1, lo que mejora notablemente la calidad de la señal. Además, posee plano de tierra para atenuar el efecto *multipath*.

La antena está conectada a una estación diferencial Trimble DMS12RS, que actúa como generadora de correcciones diferenciales en formato RTCM SC-104 v. 2.0. Tanto la estación diferencial como el resto del equipo necesario para el montaje del ER se encuentran situados en el Planetario de la ETSIGCT. Para la configuración de la estación DSM12RS se utiliza el software TSIP (Trimble Standard Interface Protocol) Talker, donde se establecen los parámetros de definición del sistema.

De esta forma se definen parámetros fundamentales y específicos de funcionamiento del sistema, tales como la máscara de elevación para la observación, máscara del PDOP, el tipo de posicionamiento (2D ó 3D) y la máscara SNR (relación Señal/Ruido). Por otro lado, también se determinan los parámetros específicos de los tipos de mensajes RTCM, así como las coordenadas del punto de estación y su identificador.

Algunos de los parámetros establecidos para nuestra estación fueron los siguientes:

- Máscara de elevación: 10
- Máscara del PDOP: 7
- Código dinámico: Estático
- Modo de posición: Manual-3D
- Frecuencia de posición: N/A
- SNR Mask: 4
- PDOP Switch: 25
- Position Velocity Filter: Off
- Método de corrección: RTCM PRC Type1
- Output Rate: 1
- Station ID: 777
- Format: Type 2 m PRC Type 9 Mode

El criterio para establecer ciertos de estos parámetros se adoptó a partir de diversas pruebas y análisis.

Otros parámetros han sido determinados en función de las características propias de nuestro sistema, y otros deben de tener ese valor para que el sistema Rasant funcione.

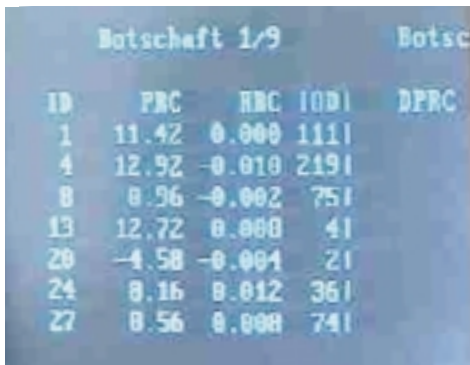
Así pues, con la instalación y la configuración previamente descrita, la estación determina las correcciones diferenciales en formato RTCM SC-104 v. 2.0, que transmite a un PC para que el software RasRef (en nuestro caso la versión 2.6.1) las prepare para poder ser transmitidas vía RDS.

Este software acepta las correcciones diferenciales en formato RTCM y las reformatea y comprime en formato Rasant, protocolo UECP (EBU), para transmitir las vía RDS. El RasRef lee en tiempo real datos en formato RTCM desde un puerto serie y construye su propio formato para llevarlo con los grupos RDS. Para que el funcionamiento sea correcto debe conseguir, cada 3 ó 4 segundos, un mensaje RTCM que además no tenga una antigüedad mayor de 2 segundos.

El programa RasRef posee un fichero de configuración denominado *rasant.prm*, en el cual se establecen los parámetros que van a definir el sistema. En nuestro caso los parámetros fueron elegidos a partir de la realización de diversas pruebas, para decidir cuáles serían los más óptimos para nuestro sistema en particular. Destacamos aquí los parámetros más importantes definidos en el fichero de configuración para nuestra estación:

- RDSGROUP.– Transmitimos por el grupo RDS: 5A
- PROTOKOLL.– Sin ningún tipo de protocolo especial: 0
- MOB_RTCMSENDRATE.– Generación de las palabras RTCM en el móvil en tics (1 segundo equivale a 18,2 tics): 18
- STATION_ID.– Número de identificación de la estación de referencia: 777
- STATIONXYZ.– Coordenadas cartesianas del vértice *Escuela*
- STATIONHEALTH.– Precisión que se permite a las correcciones de la estación: 3 metros.
- RDSCODER.– Tipo de protocolo que se va a usar para comunicarse con el codificador RDS: UECP (estándar del EBU) para TDC
- REF_RDSENDRATE.– Tasa en tics de envío de grupos RDS hacia el codificador: 18

Además, el software RasRef nos muestra en la pantalla del ordenador el mensaje tipo 1 de RTCM cuando la Estación de Referencia está emitiendo correcciones, aportándonos la información de este mensaje, es decir, el número de satélites, con su identificación (ID), de los que está obteniendo correcciones diferenciales, la corrección a cada uno de los satélites (PRC), su velocidad de cambio (RRC) y el parámetro que nos define con que efemérides han sido calculadas (IOD) (figura 1).



ID	PRC	RMC	IODI	DPRC
1	11.42	0.000	1111	
4	12.92	-0.010	2191	
8	0.96	-0.002	751	
13	12.72	0.000	41	
20	-4.58	-0.001	21	
24	0.16	0.012	361	
27	0.56	0.008	741	

Figura 1. Mensaje tipo 1 RTCM generado por RasRef en la ER

Transmisión de correcciones diferenciales

En nuestro caso nos encontrábamos con un inconveniente añadido pues, previamente a la transmisión de correcciones diferenciales vía RDS, debíamos transmitir en tiempo real las correcciones generadas por la estación diferencial a los estudios de Radio Nou.

Para ello era necesario establecer un módem en cada uno de los extremos de esta línea; uno en el planetario donde se encuentra la ER y otro en el centro de comunicaciones de Radio Nou. Una vez que las correcciones diferenciales se encontraran en el formato Rasant serían transmitidas en tiempo real a Radio Nou por medio de la línea conmutada vía módem estándar.

El módem de salida de las correcciones, situado en Radio Nou, introduce las correcciones en formato Rasant UECP (EBU) a un convertidor G703, que codificará la señal para enviarlas a cada uno de los repetidores del sistema RDS, distribuidos para dar cobertura a toda la Comunidad Valenciana.

La conexión entre el módem y el convertidor G703 fue realizada con un cable *Null Módem* introduciendo un cable espía, para comprobar y asegurar que las correcciones llegaban a Radio Nou y que el cable realizaba los cambios correctos de pines. Este dispositivo (figura 2) se incorpora, mediante el conector apropiado, al cable *Null Módem* y nos indica por medio de LEDs cuáles son los pines utilizados y si se realizan los cambios correctos.



Figura 2. Dispositivo de control de pines (Espía)

El convertidor es un DYCEC G703 ADI-S, modelo 800274113 (figura 3). Éste es un equipo de terminación del circuito de datos síncrono para línea de 64Kbps y canal de datos bidireccional simultáneo (*full-duplex*). Este dispositivo convierte la señal de 64 Kbps de un Interfaz V.35, V.11 ó V.24, a un Interface G.703 sobre una línea de transmisión de 64 Kbps.



Figura 3. Convertidor DYCEC G703 ADI-S, ubicado en Radio Nou

Este convertidor es el encargado de transformar y enviar los datos en formato G703 a las diversas estaciones repetidoras que Radio Nou tiene repartidas por todo el territorio de la Comunidad Valenciana. Una vez llegan a cada estación estos datos, se volverán a introducir en otro convertidor G703, para regenerar las correcciones en su formato Rasant UECP con protocolo de comandos EBU y ser introducidos en el codificador RDS correspondiente, que emitirá las correcciones vía RDS a través de la frecuencia FM asignada a cada estación repetidora.

El codificador RDS es un Aztec modelo FMB10 con opción RDS40 (FMB40 OEM, Original Equipment Manufacturer) que soporta muy bien la entrada de correcciones diferenciales GPS en formato Rasant, con una compatibilidad total con el protocolo UECP de la EBU

Evidentemente, fue necesario modificar la secuencia de grupos RDS en Radio Nou para incluir el grupo 5A, en el que se incluyen nuestras correcciones diferenciales. Para que nuestro sistema Rasant funcionase adecuadamente, las frecuencias necesarias a las que se debía transmitir el grupo 5A eran, como mínimo, 1,5 veces por segundo.

La secuencia existente en Radio Nou antes de introducir el grupo 5A era:

- Grupo 0A: que incluye PS, AF y TA
- Grupo 0A: PS, AF y TA
- Grupo 0A: PS, AF y TA
- Grupo 0A: PS, AF y TA
- Grupo 4A: CT
- Grupo 4A: CT
- Grupo 2A: RT
- Grupo 2A: RT

- Grupo 15B: DI, MS, TA
- Grupo 15B: DI, MS, TA
- Grupo 0A: PS, AF y TA
- Grupo 0A: PS, AF y TA
- Grupo 0B: PS y TA
- Grupo 0B: PS y TA
- Grupo 2A: RT
- Grupo 2A: RT

Además, los servicios PI, PTY y TP están incluidos en todos los grupos.

Si sabemos que se transmiten 11,4 grupos RDS por segundo y que las frecuencias de los servicios deben de ser las siguientes:

- PI: 11,4 veces por segundo, está incluido en todos los grupos
- PTY: 11,4 veces por segundo, está incluido en todos los grupos
- TP: 11,4 veces por segundo, está incluido en todos los grupos
- PS: 1 vez por segundo, está incluido en 0A, 0B (hacen falta 4 para el nombre completo)
- AF: 4 veces por segundo, está incluido en 0A
- TA: 4 veces por segundo, está incluido en 0A, 0B, 14B, 15B
- DI: 1 vez por segundo, está incluido en 0A, 0B, 15B
- MS: 4 veces por segundo, está incluido en 0A, 0B, 15B
- RT: 0,2 veces por segundo, está incluido en 2A, 2B (4 caracteres por grupo 2A)
- EON: 2 veces por segundo, está incluido en 14A
- CT: 1 vez por minuto, está incluido en 4A.

Se observó que la secuencia existente en Radio Nou tenía una cadencia adecuada para un servicio correcto, aunque sobraban ciertos grupos, como el 15B, que no realizaba ninguna función específica para el servicio actual de RDS en Radio Nou. Se debía introducir el grupo 5A, que contiene las correcciones diferenciales, manteniendo esta frecuencia de grupos y sabiendo que teníamos que transmitir como mínimo 1,5 grupos 5A por segundo, para ello se introdujo una nueva secuencia en Radio Nou

Con este cambio en la secuencia se consiguió transmitir un grupo 5A cada 0,6 segundos, con lo que nos encontrábamos dentro del límite de la frecuencia aconsejada para el sistema Rasant, es decir, transmitíamos 1,6 grupos 5A por segundo.

Esta secuencia es transmitida desde Radio Nou a cada uno de los repetidores distribuidos por el territorio de la Comunidad Valenciana, que la difunden, a través de la frecuencia FM, a todos los usuarios. En la figura 5 se aprecia la estructura e instrumental del sistema RDS en la Comunidad Valenciana, con cada uno de sus distintos repetidores, los cuales llevan asociados una frecuencia de emisión cada uno (figura 4), con la que se da cobertura al territorio de la Comunidad Valenciana.

En el año 2000 los estudios de Radio Nou contrataron con la empresa Ibérica de Comunicaciones, S.A., un análisis de las coberturas ofrecidas por el servicio RDS en la Comunidad Valenciana. En este estudio, que



Figura 4. Frecuencias de Radio Nou

Jesús Arias, Director Técnico de Radio Nou, puso a nuestra disposición, se analizaban, entre otros parámetros, los errores de bits RDS que se producían en la recepción de la señal, parámetro denominado *QUAL* y que tomaba los siguientes valores:

- Recepción perfecta=0
- Existen errores pero se puede decodificar la señal RDS=20-40
- No es posible decodificar la señal RDS=mayor de 45.

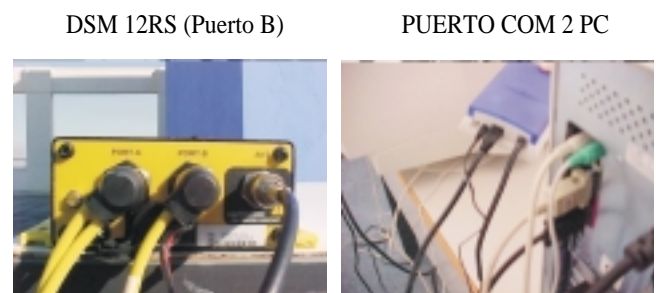
Este estudio se realizó en el área de toda la Comunidad Valenciana y se analizaron cada uno de los 14 repetidores en sus distintas frecuencias. Ésta fue la herramienta que nos sirvió para contrastar la calidad y cobertura de RDS para la Comunidad Valenciana, llegando a la conclusión de que, excepto en zonas de fuerte orografía, el resto del territorio tiene la suficiente calidad de recepción como para poder decodificar la señal RDS. De esta forma, y según este estudio, se ofrece una cobertura para el sistema Rasant en la Comunidad Valenciana de un 85% del territorio y para un 95% de la población.

PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

Fase I: Configuración de la Estación Diferencial

La estación diferencial DSM12RS dispone de dos puertos series programables RS232:

- Puerto A: RTCM *input*/RTCM *output*. Este puerto es utilizado en nuestro caso como RTCM *output*, es decir, como salida de corrección



Figuras 5 y 6. Esquema configuración de la estación diferencial

nes diferenciales RTCM SC-104, versión 2.0, mensajes tipo 1. Conectamos el puerto A con el puerto serie COM 1 de nuestro PC, utilizando un cable cruzado (*pin 2 por pin 3*) a la entrada del PC

- Puerto B: TSIP *input* y TSIP *output*. A través de este puerto podemos configurar nuestro receptor, utilizando como interfase un PC y el programa TSIP Talker. Esta comunicación se realiza a través de paquetes TSIP (Trimble Standard Interface Protocol)

En nuestro caso se conecta la estación diferencial desde el puerto B hasta el puerto COM 2 del PC. Este cable lo desconectaremos del PC una vez hallamos acabado de configurar ésta, pero seguirá conectado a la estación, ya que de éste depende la alimentación de la misma.

Fase II: Transmisión de las correcciones desde La Estación Diferencial hasta los estudios de Radio Nou

Como ya señalamos anteriormente, la comunicación con Radio Nou se realizará por medio de una red telefónica conmutada, para lo que se utilizará un módem estándar que se conectará al puerto serie COM2 del PC.

El primer paso será configurar este módem con el acceso de la terminal remota de Radio Nou, para lo que se nos especificó un número de teléfono de los estudios (96 372 76 59).

Este paso se realizó a través del Hyper terminal, con el que se realizó la conexión con el módem situado en los estudios de Radio Nou. Una vez comprobada la conexión con el módem remoto de Radio Nou, se procedió a configurar ambos módem.

De esta forma, al ejecutar el programa RasRef éste capturará los datos en formato RTCM, introducidos por el puerto COM1 en tiempo real, para reformatearlos y comprimirlos, sacándolos por el puerto COM2 en formato RASANT UECP protocolo EBU. De esta forma, como tendremos conectado nuestro módem al puerto COM2 de nuestro PC, dichos datos, en formato RASANT, se enviarán instantáneamente a los estudios de Radio Nou (figura 7).

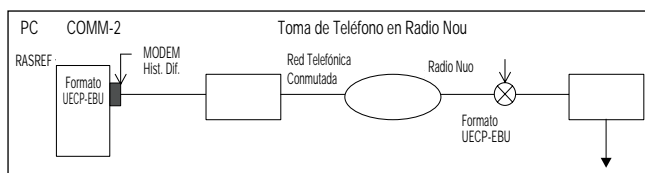


Figura 7

Fase III: Recepción de las correcciones en los estudios de Radio Nou

Una vez recibidas las correcciones en el módem de Radio Nou, éstas se introducen en el conversor G703, realizándose el cambio de formato necesario para poder enviar los datos a las diferentes estaciones repeti-

doras (con sus respectivos codificadores RDS y conversores G703) que tiene repartidas Radio Nou por toda la geografía valenciana.

En esta fase también es necesario colocar un cable Null módem entre el módem de Radio Nou y el conversor G703. Así mismo, para comprobar que dicho cable realiza los cambios correctos de *pin*s, colocamos el dispositivo de control de *pin*s (Espía).

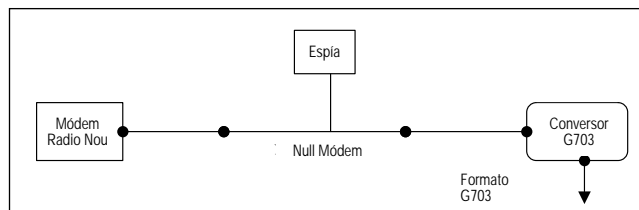


Figura 8. Esquema de la recepción de correcciones diferenciales en Radio Nou

Fase IV: Transmisión de las correcciones desde los estudios de Radio Nou a los distintos repetidores

Una vez que las correcciones se encuentran en formato G703 se envían a cada una de estaciones repetidoras que Radio Nou tiene repartidas por todo el territorio de la Comunidad Valenciana. En cada una de estas estaciones se introducen en otro conversor G703, que regenera las correcciones en su formato Rasant UECP (EBU), para introducirlos seguidamente al codificador RDS correspondiente y finalmente emitir las correcciones, vía RDS, a través de la frecuencia FM correspondiente de cada estación repetidora

ANÁLISIS DEL SISTEMA

Introducción

Una vez montada la estación de referencia, se procedió a constatar que el sistema transmitía correcciones diferenciales a través de RDS, para pasar a definir los parámetros más óptimos para el correcto funcionamiento del sistema y, por último, evaluar las precisiones ofrecidas por el servicio DGPS de la Comunidad Valenciana en comparación con las ofrecidas por el proyecto RECORD, y contrastadas también con el método de posicionamiento absoluto.

De esta forma, se dividió este análisis en tres partes diferenciadas:

- Prueba de emisión de correcciones diferenciales
- Definición de los parámetros óptimos del sistema
- Análisis y contraste de precisiones,

Metodología operativa

Se han utilizado tres vértices para el análisis. Estos vértices se denominan: *Escuela*, donde está situada la antena del ER, *Control 0*, que como su nombre indica ha servido para contrastar cada una de las observaciones a distancia cero, pues a efectos de análisis se puede considerar

que se encuentra a distancia nula, ya que no sobrepasa los 20 metros respecto al vértice de la ER, y, por último, *Atalaya*, vértice situado a una distancia de 88 km y que ha sido utilizado para ver la variación de las precisiones en función de la distancia de la línea base.

Los dos primeros están compensados en el mismo marco de referencia, EUREF89 y en el sistema WGS-84 y el último pertenece a la red REGENTE, que depende directamente de éste a través de IBERIA95. De esta forma, el marco de referencia establecido para todos ellos es el mismo y serán utilizados para el análisis de precisiones.

Las observaciones se han llevado a cabo con equipos Leica System 300, navegadores Garmin III y los correspondientes receptores Rasant TGPS. Estos dos equipos GPS tienen la opción de proporcionar la información de la observación en formato NMEA, que es el que ha sido utilizado para los análisis y que era almacenado en un ordenador portátil.

El NMEA (National Marine Electronics Association) define una interfaz eléctrica y un protocolo de datos para comunicaciones entre distintos instrumentos como el GPS. La información viene codificada en unos bloques de sentencias que el receptor transmite en código ASCII. Para más detalles (Langley 1995) (NMEA 1994).

El estándar concreto utilizado para el GPS es el NMEA 0183. Los datos se transmiten en forma de sentencias y cada una de ellas empieza con un "\$", dos caracteres de identificación del emisor, tres caracteres con la identificación de la sentencia, seguido por varios campos de datos separados por comas y terminando con un *checksum* optativo, un retorno de carro y una *feed line*. Una sentencia puede contener hasta 82 caracteres.

Una vez realizada la observación, ésta ha sido tratada estadísticamente con distintos programas, en función del objetivo perseguido. De esta forma, se han utilizado los siguientes programas estadísticos: SPSS 10.0, Rasmon (versión Beta) y Evaluate 5.04.

El software Evaluate (figura 9) muestra diversos datos, entre los que se encuentra la denominada *Position information*, que se describe a conti-

nuación. En la pantalla gráfica se muestran las posiciones relativas y en ella se pueden acotar los anillos de error en función de las supuestas magnitudes de éste. En la parte derecha de la imagen se encuentran diversos parámetros estadísticos:

- *Number of used points*: Número de posiciones obtenidas en la observación.
- *CEP (Circular Error Probable)*: Radio del círculo centrado en la posición verdadera de la antena que contiene el 50% de las mejores posiciones en 2D.
- *Horizontal rms¹*: Error medio cuadrático en el plano horizontal, composición cuadrática del error en latitud y el error en longitud con una fiabilidad del 39%.
- *North rms*: Error medio cuadrático en la latitud.
- *East rms*: Error medio cuadrático en la longitud.
- *Horizontal 95%*: Radio del círculo centrado en la posición verdadera de la antena que contiene el 95% de las mejores posiciones en el plano horizontal.
- *Vertical rms*: Error medio cuadrático vertical.
- *Vertical 95%*: Radio del círculo centrado en la posición verdadera de la antena que contiene el 95% de las mejores posiciones verticales.
- *Mean east error*: Longitud media – longitud conocida. Este valor debe tender a cero.
- *Mean north error*: Latitud media – latitud conocida. Este valor debe tender a cero.
- *Mean altitude error*: Altitud media – altitud conocida. Este valor debe tender con el tiempo a cero.
- *Mean latitude*: Latitud media.
- *Mean longitude*: Longitud media.
- *Mean altitude*: Altitud media.

Además, podemos obtener la función de densidad de los observables, tanto para datos en el plano horizontal como en el vertical, de forma que aseguremos si nuestra muestra sigue una distribución normal.

En cuanto al software Rasmon, además de aceptar sentencias NMEA en tiempo real o postproceso, también admite el formato RTCM. Al igual que anteriormente, describiremos la pantalla principal de los resultados estadísticos:

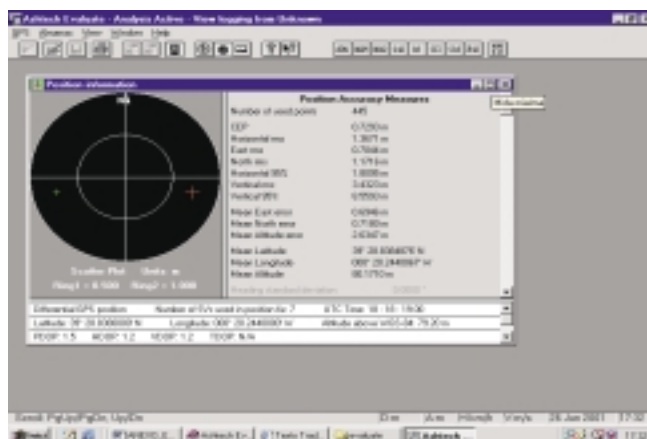


Figura 9. Descripción de la información del software Evaluate

¹ El rms (Root Mean Square) o error medio cuadrático, es, como todos sabemos, la raíz cuadrada de la media de errores al cuadrado y su relación con la desviación estándar (σ) es la siguiente:

$$(\sigma)^2 = (rms)^2 - (\text{media del error})^2$$

por lo que ambos podrán ser considerados iguales si la media del error tiende a cero, es decir si sigue una distribución normal, y actualmente en observaciones GPS prolongadas en el tiempo los observables siguen una distribución normal (Diggelen 1998).

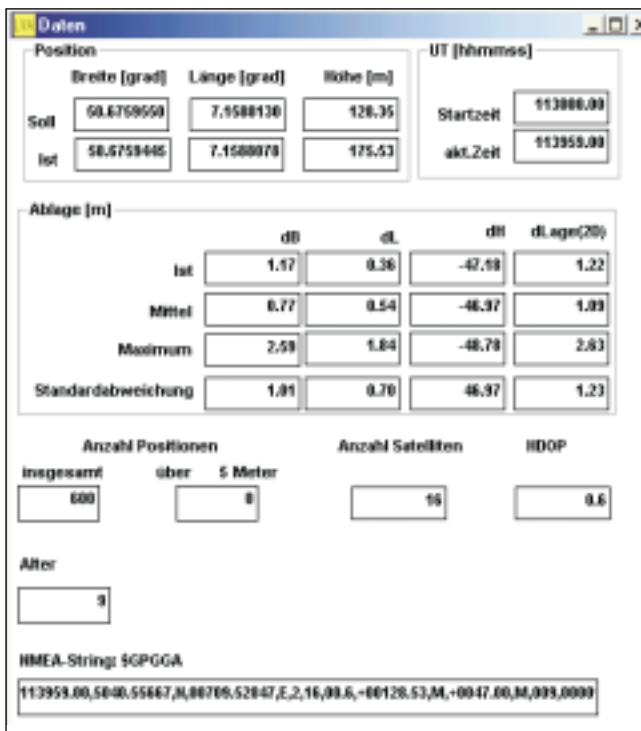


Figura 10. Descripción de la información del software Rasmon

En el marco de la parte superior izquierda tenemos:

Posición (Posición): Latitud, longitud y altitud real (*Soll*).
 Latitud, longitud y altitud actual (*Ist*)

En el marco de la parte superior derecha:

UT(hhmmss) (Tiempo): Tiempo de inicio (*Startzeit*)
 tiempo final de la observación (*akt. Ziet*)

En el cuadro inferior a éstos:

Ablage (m) (Errores): Error en la latitud, longitud, altitud y composición cuadrática de la longitud y latitud (*dLage (2D)*). De todos ellos, se expresa el error:
 Actual (*Ist*)
 Medio (*Mittel*)
 Máximo (*Maximum*)
 Desviación estándar (*Standardabweichung*)

Debajo de éste se muestran:

Anzahl Positionen (Numero de posiciones): Número de posiciones totales medidas (*insgesamt*) y las que se encuentran con un error por encima del indicado (*uber 5 Meter*).
Anzahl Satelliten (Numero de satélites)
HDOP
Alter (Edad de las correcciones aplicadas)
NMEA-String: \$GPGGA (Sentencia GGA en tiempo real)

Otras Pruebas

Emisión de Correcciones Diferenciales

Este análisis se realizó con el objetivo de comprobar si el sistema sencillamente funcionaba tras la multitud de cambios de formato, tras el amplio número de codificaciones y decodificaciones que sufrían las correcciones diferenciales y tras la multitud de conexiones que ligaban el sistema.

Análisis de la velocidad de transmisión: RDSENDRATE

En el fichero de configuración *Rasant.prm* del software RasRef se definen varias de las particularidades asociadas al funcionamiento del sistema, entre las cuales existe un parámetro que es función de las características propias de cada sistema diferencial y que en gran medida optimiza el buen funcionamiento de este.

Este parámetro, denominado *REF_RDSENDRATE*, define la velocidad de transmisión de grupos RDS 5A hacia el codificador. Su importancia radica en que si esta velocidad supera la capacidad del codificador, el sistema se colapsará.

Resultados de los ensayos de correcciones emitidas

A modo de resumen del proyecto se indican algunos de los resultados obtenidos a partir de las distintas pruebas realizadas y se reflejan en la Tabla 1. Se analizaron las observaciones realizadas en los tres vértices, con posicionamiento relativo o absoluto y con correcciones de la ER de Valencia o de Madrid. Se detallan las desviaciones estándar del posicionamiento planimétrico con distintas fiabilidades, todo ello para cada una de las observaciones. De igual manera, se expresan los errores máximos y medios. Todos los valores están expresados en metros. Los coeficientes para obtener las distintas fiabilidades 2D han sido: 2,45 para 95% y 3,03 para 99% (Chueca - Berné 1996).

Todas las pruebas dispusieron de características similares de observación a través de una previa planificación. De esta forma, y dentro de los límites del sistema de posicionamiento GPS, todas las observaciones disponían, la mayor parte del tiempo, de 7 satélites y un PDOP medio de 3, pero evidentemente se produjeron variaciones de estos valores. Todas las observaciones fueron realizadas con el mismo instrumental.

		Desviación estándar, 2D			Error Máximo	Error Medio
		39%	95%	99%		
Escuela	ER Valencia	0,79	1,94	2,39	7,27	0,48
	ER Valencia	0,66	1,62	2,00	3,52	0,56
Control 0	ER Madrid	3,20	7,84	9,70	7,15	2,93
	Pos. Absoluto	5,30	12,99	16,01	6,93	5,26
Atalaya	ER Valencia	0,78	1,91	2,36	3,74	0,60

Tabla 1. Conclusiones. Contraste de precisiones (expresado en metros)

Si realizamos el análisis por las columnas de la ER de Valencia para cada uno de los vértices, observamos que la desviación estándar para una fiabilidad del 99% mantiene valores similares, en torno a 2,3 metros, y lo mismo ocurre con el error medio, que tiende a cero en los tres casos. También los errores máximos tienen la misma magnitud. Esto nos indica que las precisiones obtenidas en los tres vértices son similares, ya sea a distancia nula como a 88 km.

Esto significa que la pequeña variación de error del sistema no es capaz de reflejar la variación de la precisión a esa distancia relativamente corta, hecho que no hace más que confirmar la calidad de las precisiones alcanzadas con el sistema diferencial de código.

Realizando ahora una comparativa entre las pruebas realizadas en posicionamiento relativo con distintas ER y distintas distancias (0 km y 350 km), observamos que a esta distancia sí se producen variaciones importantes en los errores como consecuencia de la mayor distancia existente, debido a la falta de linealidad del aumento de error con la longitud

de la línea base. Por último, es evidente la pérdida de precisión en el posicionamiento absoluto.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por la Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia, Dirección General de Enseñanzas Universitarias e Investigación (GR00-181), dirigido por José Luis Berné Valero y ejecutado por el doctorando Israel Quintilla García. Su desarrollo, análisis, interpretación, conclusiones y demás detalles están a disposición del lector en la Biblioteca del Departamento de Ingeniería Cartográfica de la Escuela Superior de Ingeniería Geodésica, Cartografía y Fotogrametría de la UPV. No obstante, ante una aventura de este tipo siempre es recomendable recurrir a los especialistas del IGN, que en esta materia fueron D. Adolfo Dalda y D. Javier González Matesanz, o del ICC, como Dña. Julia Talaya, los cuales siempre han sido una referencia generosa y constructiva, lo cual debe constar en este artículo. ■

*El Colegio Oficial de
Ingenieros Técnicos en Topografía
y su Revista Topografía y Cartografía
les desean un próspero Año 2003*

Documentación Gráfica del Catastro Rústico Español: Del Croquis a la Ortofotografía Digital (y III)

Manuel G. Alcázar Molina

DEP. DE ING. CARTOGRÁFICA, GEODÉSICA Y FOTOGRAMETRÍA

UNIVERSIDAD DE JAÉN

Manuel Sánchez de la Orden

E.T.S. INGENIEROS AGRÓNOMOS Y DE MONTES

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Resumen

Se presenta en este trabajo la evolución de la cartografía empleada en el Catastro de Rústica español analizando las situaciones económicas, técnicas y administrativas vigentes en cada momento, que en gran medida fueron las que condicionaron la elección de un determinado soporte gráfico: Desde los sencillos y primitivos croquis a las precisas ortofotografías digitales.

4. ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO RÚSTICO ESPAÑOL

4.1. 1979

En la década de los años ochenta toman un nuevo impulso los trabajos de revisión catastral y, por lo tanto, también comienzan a promulgarse numerosas disposiciones en materia de cartografía y fotogrametría. El 10 de Enero de 1980 se publica el Real Decreto 2949/79, de 29 de diciembre, sobre *Directrices para el levantamiento del Mapa Nacional Topográfico Parcelario*, por el que se reconoce que esta documentación, elaborada por el Instituto Geográfico Nacional, es la única válida para servir de base geométrica del Catastro. Ese mismo año se dictó el Real Decreto 1365/80, de 13 de Junio, sobre competencias y estructura de los Consorcios para la gestión e inspección de las Contribuciones Territoriales, que en su artículo 3.a., en relación con las competencias de este nuevo organismo, indica claramente y en primer lugar la asunción de "La realización de los trabajos técnicos de formación, conservación y renovación de los catastros rústicos y urbanos". Estas competencias se transmitieron primero al Centro de Gestión y Cooperación Tributaria (R.D. 1279/85, de 25 de Junio) y, posteriormente, al Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria (R.D. 222/87 de 20 de Febrero).

Dos años después se dictó la Resolución del Ministerio de Hacienda de 26 de Marzo de 1981, en la que se recogen los pliegos generales de condiciones económico-administrativas y técnico-facultativas para la contratación de los trabajos de formación, conservación y renovación de los catastros de rústica y urbana. En ellos se consolida la fotografía aérea como elemento fundamental en la elaboración de los catastros rústicos y urbanos, detallándose cuidadosamente las condiciones de los vuelos, los solapes, las restituciones, los soportes, los apoyos, las escalas, la presentación, etc.

Con esta situación se llega hasta 1986, año en el que ve la luz la Ley 7/1986, de 24 de Enero, de *Ordenación de la Cartografía*, por la que el Estado regula la producción de cartografía, clasificándola en básica, derivada y temática, atendiendo a los siguientes criterios:

Artículo 3.1.-"Es cartografía básica, cualquiera que sea la escala de su levantamiento, aquella que se realiza de acuerdo con una norma cartográfica establecida por la Administración del Estado, y se obtiene por procesos directos de observación y medición de la superficie terrestre. ..."

Artículo 4.1.-"Cartografía derivada es la que se forma por procesos de adición o generalización de la información topográfica contenida en la cartografía básica preexistente..."

Artículo 5.1.-"Cartografía temática es la que, utilizando como soporte cartografía básica o derivada, singulariza o desarrolla algún aspecto con-

creto de la información topográfica contenida en aquéllas, o incorpora información adicional específica..."

distribuyendo las competencias por escalas, organismos y administraciones, para evitar duplicidades y gastos innecesarios.¹⁵

Hubo que esperar aún tres años para que se cumpliera la disposición adicional primera de esta Ley y se dictase, por el Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, el Real Decreto 585/1989, de 26 de mayo, por el que se desarrolla ésta en materia de cartografía catastral que, a esos efectos, la define de la siguiente forma: "La cartografía catastral tiene la consideración de básica o temática y es la documentación gráfica que define, entre otras características que se consideran relevantes, la forma, dimensiones y situación de las diferentes parcelas o fincas que integren el territorio nacional, cualquiera que sea el uso o actividad a que estén dedicadas, constituyendo en su conjunto el soporte gráfico del Catastro".

4.2. Ortofotografías

4.2.1. Generalidades

A partir de 1990, prácticamente la totalidad de los trabajos contratados para la elaboración de catastros rústicos o los realizados a través de medios propios del Ministerio de Hacienda se apoyaban en ortofotografías a escala 1/5.000¹⁶ que, entre otras, tienen las siguientes ventajas:

- Localización cómoda y exacta de las distintas parcelas, dentro de cada polígono
- Control de la inclusión de todas las parcelas en los censos catastrales
- Control de superficies
- Servir de base para la elaboración de la documentación gráfica de cada parcela
- Servir de base para el cálculo del valor catastral
- Y, sobre todo esto, constituir una base de datos gráfica informatizada que pueda interrelacionarse con otra alfanumérica.

¹⁵ Como puede comprobarse no era nueva esta idea: "Los esfuerzos costosos que todos los países hacen desde principios de este siglo para obtener un mapa topográfico de suma exactitud y precisión han sido promovidos en primer término para organizar el servicio militar y asegurar la defensa permanente del país, satisfaciendo la primera y más noble aspiración de un pueblo, cual es su independencia. Por esta causa la ejecución ha sido generalmente encomendada al Ministerio de Guerra, así como el de Hacienda se ha encargado de la formación del catastro, que da caracteres y proporciones geométricas a la materia imponible. Estos dos centros han llevado a cabo, con absoluta independencia casi siempre, ambos trabajos sin auxiliarse mutuamente y hasta haciendo alarde de ignorarse; repitiendo con grandes gastos operaciones idénticas que todavía ha sido forzoso hacer, en gran parte de nuevo, por otros Ministerios al practicar después grandes y costosas nivelaciones para utilizar los datos topográficos en los estudios científicos del territorio o en los grandes proyectos de obras públicas".

Reglamento general para la ejecución de las operaciones parcelarias o topográfico-catastrales. (Gaceta de Madrid. 11 de Agosto de 1865)

¹⁶ Salvo zonas de la Cornisa Cantábrica y de Galicia en las que la escala es de 1/2.000.

No obstante, las fotografías convencionales siguen empleándose, puntualmente y dependiendo de la antigüedad de la ortofotografía suministrada por la Dirección General del Catastro, en la renovación de catastros rústicos como documentación de trabajo en campo. Con un formato muy cómodo, en la mayoría de los casos es de 50 x 50 cm, a escala aproximada 1/5.000, proceden de contactos 1/15.000 ó 1/20.000, con un solape de un 10 %. Con ellas se construye un mosaico completo de todo el término municipal y se evitan los cortes bruscos de una ortofoto a otra, que impiden el marcado completo de una parcela. La selección de la escala y el tamaño de la foto se realiza atendiendo a la distribución de la propiedad y permite la identificación de la mayoría de objetos que pueden interesar al técnico encargado de realizarlo. Evidentemente, en las zonas en donde la parcelación es mayor se solicitan ampliaciones que permiten identificar y delimitar gráficamente con mayor detalle las unidades rústicas. El bajo coste de estas fotografías, su disponibilidad casi inmediata, su facilidad de manejo y la periodicidad con que se pueden adquirir, hacen de este tipo de documento un auxiliar muy valioso. No es extraño que incluso cuando el contrato de renovación catastral de los bienes inmuebles rústicos ofrezca ortofotografías a las empresas contratadas, éstas adquieran, a sus expensas, un juego completo del mosaico fotográfico del término, pues es una documentación útil y actualizada para los trabajos de campo y, paralelamente, reservan los originales para la digitalización y exposición pública posterior.¹⁷

4.2.2. Obtención

La calidad exigida al producto final implica unas severas condiciones en el proceso de obtención de la fotografía aérea; entre otras y de forma esquemática:

- Vuelos específicos a escala: 1/15.000
- Altura media sobre el nivel del terreno, con un margen de $\pm 10\%$ (en metros) 2.280
- Dirección de las pasadas: (Debe coincidir el eje teórico del vuelo con las ordenadas kilométricas impares de UTM). E-O
- Recubrimiento longitudinal (en %): 60
- Recubrimiento transversal (en %): 42
- Desplazamiento máximo permitido de los ejes de vuelo (en %): < 3
- Sistema de navegación y adquisición de datos soportado por GPS diferencial cinemático.
- Cámara de precisión, baja distorsión y alta resolución, equipada con un sistema de compensación por desplazamiento de imagen:
 - Gran angular con focal ($\pm 5\%$) (en mm): 150
 - Formato (en mm): 230 x 230

¹⁷ Desde hace escasos meses estas ampliaciones, que tantas y tan buenas aplicaciones han tenido, se están sustituyendo por imágenes obtenidas por el satélite Ikonos, con una magnífica resolución (1 metro), totalmente adecuada para los trabajos catastrales rústicos. No obstante, su precio y los trabajos de referenciación aún las hacen poco competitivas y sólo suelen ofertarse como mejoras por las empresas que se presentan a los concursos de renovación.

- Máximo desplazamiento permitido de los ejes teóricos de vuelo respecto al formato del fotograma (en %): 3
- Máxima tolerancia para las derivas (en grados sexagesimales): 5
- Máxima inclinación del eje vertical de la cámara (en grados sexagesimales): 3
- Poder de resolución mínimo del negativo (en líneas por mm) 110
- Dimensiones de los positivos en color (en mm) 230 x 230

Complementariamente, cada fotograma debe llevar, para su correcta identificación, los siguientes datos: Dirección General del Catastro, zona de vuelo, escala de los fotogramas, número de orden de pasada y número de orden del fotograma, fecha y hora del vuelo, altura sobre el nivel del mar y del altímetro, distancia focal, número de fabricación de la cámara y nivel de verticalidad. A lo que se acompañará un gráfico de vuelo (1/50.000) con la posición relativa de las pasadas, con los recuadros que delimitan los fotogramas y con los centros de los mismos.

Para realizar la ortoproyección de la zona volada son necesarios trabajos de apoyo fotogramétrico, encaminados a la determinación planimétrica y altimétrica de los puntos, utilizando la Red Geodésica de Tercer Orden y de Primer Orden, junto con las señales de la Red de Nivelación de Precisión (NP) y las de Alta Precisión (NAP) existentes en España; puntos que posteriormente se emplearán en la aerotriangulación, distribuidos en las cabeceras de las pasadas y cada cuatro o cinco modelos, o bien líneas N-S de apoyo cada 10 modelos en la aerotriangulación digital a través del siguiente proceso:

- a. Aerotriangulación con apoyo clásico:
 1. Obtención de diapositivas
 2. Pinchado estereoscópico de los modelos
 3. Medición de los puntos
 4. Cálculo y compensación.
- b. Aerotriangulación con apoyo digital:
 1. Formación de bloque de trabajo con ayuda de los centros de proyección
 2. Orientación interna automática de los fotogramas
 3. Definición del patrón de búsqueda, tres a cinco puntos en cada zona de Grüber
 4. Medición por correlación de imágenes de las foto-coordenadas de los puntos definidos en la estrategia por correlación de imágenes
 5. Chequeo de los modelos
 6. Corrección de forma interactiva de los puntos con errores groseros
 7. Medición interactiva de los puntos de apoyo fotogramétrico
 8. Ajuste final del bloque. Errores residuales de ajuste.

Empleando restituidores analíticos o por correlación automática se perfilarán los modelos en base a una malla del MDT de 20 x 20 metros en la dirección Y(UTM) en pasadas de vuelo (encadenadas) sin que existan discontinuidades entre modelos colindantes. Los datos obtenidos del barrido se rectifican en un ortoprojector digital, procesando la imagen di-

gital y utilizando los puntos de apoyo, de aerotriangulación, los parámetros de orientación de la cámara y el MDT. Realizada la ortoproyección del bloque, se subdivide en tantas ortofotos como contenga, información que se graba en CD, de acuerdo con el formato exigido por la Dirección General del Catastro. Esta última es la encargada de la recepción de toda la documentación prevista en los pliegos de condiciones y, de acuerdo con ellos, realizará un exhaustivo control de calidad de los soportes informáticos y de los de papel.

4.2.3. Designación

De acuerdo con las disposiciones indicadas en el "Pliego de condiciones para la contratación de los trabajos de actualización y digitalización del Catastro de Rústica" y en el "Pliego para la elaboración de ortofotografías", la identificación de estas ortofotos dependerá de la escala y el origen del documento:

a. Escala 1/5.000:

- Cada ortofoto corresponde a 1/66, resultado de dividir la hoja del Mapa Topográfico Nacional 1/50.000 en 6 filas y 11 columnas, según paralelos y meridianos (salvo en la Comunidad Autónoma de Cataluña).
- Los límites de la ortofoto a escala 1/5.000 son dos meridianos distantes 20/11 minutos y dos paralelos distantes 10/6 minutos.
- Las dimensiones de los bordes verticales corresponden, en el terreno, aproximadamente a 3.086 m, representados por 617 mm en la ortofoto.
- Las dimensiones de los bordes horizontales corresponden en latitudes de 43° N con una distancia entre meridianos de 2.462 m, representados por 492 mm en la ortofoto.
- La máxima dimensión horizontal corresponde a latitudes de 28° con una distancia entre meridianos de 2.971 m, equivalentes a 594 mm en la ortofoto a escala 1/5.000.

Aunque la casuística que puede presentarse en este mosaico de ortofotos varía de acuerdo con las características de la zona geográfica de España que se considere, dependiendo de ésta se ajusta a la siguiente distribución:

- 1º. Para las cuatro provincias catalanas el responsable de su elaboración es el Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC) y la hoja del MTN se divide en 8 x 12 cuadrículas.
 - 2º. Para la mayor parte de las provincias que componen el resto del territorio español, las resultantes de la divisiones de las hojas del MTN en 6 x 11 cuadrículas.
- b. Escala 1/2.000: Se reserva esta precisa documentación para las provincias del noroeste de España y la Cornisa Cantábrica, en donde la parcelación es muy acentuada, para cuya obtención se realizan vuelos específicos en estas zonas.
- Cada ortofoto en color corresponde a un área de 2 km por 2 km, según abscisas y ordenadas UTM kilométricas pares.

- Los límites de la ortofoto a escala 1/5.000 son dos abscisas kilométricas UTM pares y dos ordenadas kilométricas UTM pares. La forma será de un cuadrado UTM de 2 km por 2 km.

En cuanto a la distribución de la información, dentro de una ortofotografía convencional de las empleadas en el Catastro de Rústica de España, se estructura en dos apartados claramente diferenciados: El correspondiente a la información fotográfica y el destinado a la complementaria, situado éste último en la parte superior de la ortofotografía con los siguientes recuadros informativos (a modo de ejemplo y de Oeste a Este):

1º. Información cartográfica en la que figura, a modo de ejemplo:

- Elipsoide Internacional de Hayford
- Datum Potsdam.
- Longitudes referidas al Meridiano de Greenwich
- Red Geodésica Nacional
- Altitudes referidas al nivel del mar en Alicante
- Sistema de representación UTM, Huso 30, Zona S
- Coordenadas geográficas en las esquinas de la hoja referidas a la Red Europea. Cuadrícula UTM
- Datos para el centro de la hoja:
" Valor medio declinación magnética para el 1 de Enero de 1970: 6º36' Oeste
Disminuye cada año - 6' minutos sexagesimales
Convergencia de cuadrícula huso w: 0º 1' "
- Empresa y fecha en que se realiza el vuelo fotogramétrico, el apoyo de campo, la aerotriangulación y ortofotografía
- Vértices y apoyos: nombre, nº de orden, X, Y, Z.

2º. Signos convencionales.

3º. Distribución de polígonos de la Hoja del MTN. En este espacio se croquiza la distribución en la ortofoto, siendo este gráfico de gran utilidad para ubicarlos en una primera inspección ocular rápida.

4º. Zonas de expansión urbanística: Se indican las diferentes clases de suelo que aparecen recogidos dentro de la información fotográfica.

5º. Gráfico de distribución de hojas sobre el MTN 1/50.000 y división administrativa a escala 1/200.000. Con estos datos es relativamente fácil ubicar las ortofotos y localizar las colindantes o próximas que pudieran ser de interés para su consulta. Junto a esta distribución existe otra de hojas colindantes del MTN que suele emplearse cuando se trata de ortofotos situadas en los márgenes de la hoja del Instituto Geográfico Nacional sobre la que se está trabajando.

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA				
Sistema de proyección UTM Elipsoide Internacional de Hayford Datum POTSDAM				
Vuelo fotogramétrico realizado en _____ por _____				
ESQUINAS DE LA ORTOFOTO				
ESQUINA	X-UTM	Y-UTM		
NO	512.732,50	4.317.000,00		
NE	515.862,50	4.317.000,00		
SE	515.862,50	4.313.000,00		
SO	512.732,50	4.313.000,00		
VERTICES Y APOYOS				
NOMBRE	NÚMERO	X	Y	Z
	46	512.855,395	4.318.600,800	806,808
	72372	514.235,508	4.316.032,008	801,500
	82243	512.863,387	4.315.464,481	870,109
	82280	514.056,075	4.315.633,155	804,051
	90091	512.911,259	4.314.522,125	881,843
	99451	514.617,400	4.314.504,685	894,200

En todos los casos se incluyen en las hojas las coordenadas UTM de las esquinas y las coordenadas geográficas. En el interior figuran los cruces de los ejes de abscisas y ordenadas, con una equidistancia de 500 en 500 metros.

6º. La leyenda empleada es sencilla e intuitiva para facilitar las labores catastrales de todo el personal que deba utilizarlas. No hay que olvidar que un término municipal suele comprender numerosas ortofotos y, por lo tanto, cuanto más rápida y precisa sea la identificación menor será el número de problemas que se planteen posteriormente.

- Presidida por el anagrama de la Administración General del Estado figuran, en primer lugar, los términos municipales que comprende

Grupo	Descripción
1º.- E5.	- Escala 1/5.000.
2º.- 0947.	- Hoja número 947 del MTN (1/50.000), elaborada por el Instituto Geográfico Nacional.
3º.- 08.	- Nº de la columna en que está dividida la hoja del MTN. Por regla general habrá 11.
4º.- 01	- Nº de la fila en que está dividida la hoja. del MTN. Por regla general habrá 6.

- A continuación, la provincia a la que administrativamente pertenece el término municipal
- La identificación individual de la ortofotografía se realiza de acuerdo a un código de letras y números estructurado en cuatro grupos que la hacen única en todo el territorio nacional:
En este ejemplo se identifica la columna 8ª, fila 1ª de la hoja del MTN número 947. Escala 1/5.000.

Identificación válida para las escalas 1/5.000 pero que ha de completarse en el caso de las ampliaciones a escala 1/2.000 procedentes de la 1/5.000 original. En éstas la información se distribuye de la siguiente forma:

Grupo	Descripción
1º.- E5.	- Escala 1/5.000.
2º.- 00235.	- Hoja número 235 del MTN (1/50.000), elaborada por el Instituto Geográfico Nacional en la que esté situado el vértice SO de la ortofoto.
3º.- 16.	- Las dos últimas cifras, en Km, de la abscisa de dicha esquina.
4º.- 84	- Las dos últimas cifras, en Km, de la ordenada de dicha esquina.

En el ejemplo se identifica la abscisa X: ***16.000 y la ordenada Y: ***84.000 de la hoja del MTN número 235. Escala 1/5.000. De esta referencia catastral se extraerán las referencias correspondientes a las ampliaciones 1/2.000 de acuerdo con el siguiente esquema:

	NO (IV)	NE (I)
4.185.000		
	SO (III)	SE (II)
4.184.000		
416.000	417.000	

- Referencias 1/2.000:
- NE (I): E2-0235-17-85
 - SE (II): E2-0235-17-84
 - SO (III): E2-0235-16-84
 - NO (IV): E2-0235-16-85
- Procedentes de la:
Referencia 1/5.000: E5-0235-16-84

- Y bajo lo anterior figura, de forma gráfica y literal, la escala de representación de la información gráfica de la ortofotografía. En cuanto a la relación entre las escalas del plano y la del vuelo, se mantiene la establecida en los pliegos de condiciones vigentes, en la que a la 1/5.000 de la ortofotografía le corresponde otra de vuelo 1/20.000.

4.2.4. Procesos de trabajo sobre las ortofotos

En la actualidad la documentación gráfica que se entrega a las empresas encargadas de realizar catastro rústico es bien ortofotografía en soporte papel (1/5.000) o bien digital (1/10.000). En ambos casos el procedimiento convencional consiste en trasladar la cartografía catastral preexistente sobre las ortofotos en papel para delimitar las zonas de trabajo (parcelas, vías de comunicación, ríos, etc.). Posteriormente, y ya en campo, comprobar estas lindes y en su caso modificarlas, completando el documento con la inclusión de las subparcelas y toda aquella información que represente fielmente la situación catastral del término municipal en revisión. Simultáneamente, hay que tener presente que si cualquier linde o detalle no apareciese representado en la ortofotografía habrá que situarlo, utilizando para ello los métodos adecuados, con objeto de conseguir la máxima exactitud y precisión posible. Por último, en ga-



Ejemplo de ortofotografía delineada y polígono Extraído del “Pliego de prescripciones técnicas para la actualización y digitalización del Catastro de Rústica”

binete, se traslada la información capturada y comprobada a las ortofotos en papel fotográfico, mediante laboriosas y largas jornadas de delineación, para obtener la ortofotografía minuta sobre la que se realizará la digitalización.

Complementariamente, y desde hace sólo un par de años, el procedimiento empleado con las ortofotografías digitales¹⁸ consiste en la vectorización de los planos catastrales preexistentes y su corrección geométrica, superponiéndolos a las ortofotografías digitales. El resultado se imprime en papel (ortofotografías y líneas de parcelas y subparcelas digitalizadas) y se comprueba en campo, incorporándose todas aquellas modificaciones que se consideren necesarias para que estos documentos sean fiel reflejo de la realidad catastral.

Delineada y digitalizada la ortofotografía, se emiten los ficheros magnéticos y se imprimen las diferentes documentaciones gráficas exigidas en los pliegos de condiciones: ortofotos minuta¹⁹, copia en papel y poliéster de cada ortofotografía y de cada polígono catastral y, por último, mapa general del término municipal ("pañoleta") en el que se identifican los distintos polígonos catastrales, accidentes geográficos, distribución de ortofotografías, etc.

5. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este texto ha quedado claramente de manifiesto que la evolución del Catastro de Rústica ha sido posible gracias a las diversas documentaciones gráficas que en cada momento se han empleado. Solucionadas las reticencias iniciales de poner en marcha un catastro fiable y multipropósito, los croquis primero, los levantamientos topográficos después y las fotografías aéreas en último lugar, permitieron su elaboración.

Mucho se ha avanzado desde que Coello y Echegaray promovieron soportes gráficos y Amón Amador avanzaba la posibilidad de emplear fotografías terrestres para elaborar catastros rústicos (1899), hasta el empleo de los modernos procesos de ortoproyección y gestión interrelacionada de bases de datos literales y gráficas, que han convertido al Catastro en una referencia imprescindible para cualquier tipo de actuación sobre el territorio.

No obstante, se debe seguir avanzando en la línea de incorporar y desarrollar nuevas aplicaciones, apoyadas sobre imágenes obtenidas desde satélites artificiales que, muy probablemente, serán las documentaciones gráficas empleadas en la próxima generación. Así mismo, se debe desarrollar una referencia catastral rústica plenamente georreferenciada que se incluya en todos los documentos privados y administrativos que afecten

ten a la parcela catastral, para incrementar el control de las mismas y ofrecer a los ciudadanos una verdadera garantía jurídica de su propiedad, en colaboración directa con los Registros y Notarías.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCÁZAR, M., GILBERT, M. y LÓPEZ, M. (1998) "El Catastro en España". Universidad Politécnica de Valencia, Valencia
- ALCÁZAR MOLINA, M. y SÁNCHEZ DE LA ORDEN, M. (2000). Tesis Doctoral. "Propuesta metodológica para la elaboración de una Normativa Técnica de Valoración de bienes inmuebles de naturaleza rústica y construcciones de uso agrario". Jaén.
- CABALLER MELLADO, V. (1994). "Valoración agraria: teoría y práctica". Mundi-Prensa, Madrid
- CENTRO DE GESTIÓN CATASTRAL Y COOPERACIÓN TRIBUTARIA (1989) "Recopilación Legislativa en materia de Contribución Territorial Rústica y Pecuaria". Madrid, Ministerio de Hacienda.
- CIVITAS (1999). "Legislación de régimen local". Civitas, Madrid.
- CIVITAS (1999). "Legislación estatal del suelo". Civitas, Madrid.
- GARCÍA-BADELL ABADIA, G. "Historia del Catastro de Rústica". Ministerio de Hacienda, Madrid.
- GARCÍA-BADELL Y ABADIA, G. "Problemática del Catastro de la riqueza rústica en España". Ministerio de Hacienda, Madrid.
- GARCÍA-BADELL Y ABADÍA, G. (1968). "La Contribución territorial y el Catastro de la riqueza rústica". Instituto de Estudios Fiscales, Madrid.
- MINISTERIO DE HACIENDA (2000), "Estadísticas de bienes inmuebles de naturaleza rústica, año 1999", Madrid, Ministerio de Hacienda.
- DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO (2001). "Pliego de cláusulas administrativas particulares de aplicación general y de prescripciones técnicas para la contratación de los trabajos de actualización del Catastro de Rústica". Madrid, Ministerio de Hacienda.
- DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO (2001). "Pliego de cláusulas administrativas particulares de aplicación general y de prescripciones técnicas para la contratación de los trabajos ortofotografía que sirvan de base cartográfica del Catastro Inmobiliario Rústico". Madrid, Ministerio de Hacienda.
- DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO (1997). "Normas Regulatorias del Catastro". Madrid, Ministerio de Hacienda.
- MIRANDA HITTA, J. (1998). "El Catastro en España". Centro de Studi di Estimo e di Economia Territoriale, Roma.
- VARIOS (2000). "Libro blanco del sector inmobiliario". Universidad de Navarra, Fundación de Estudios Inmobiliarios y Ministerio de Fomento. ■

¹⁸ Pueden proceder también de un escaneado de documentos gráficos preexistentes.

¹⁹ Cada una de las ortofotos sobre la que están dibujados y rotulados todos los elementos cartográficos que se recogen en el Catastro de Rústica.

Aplicación del GPS en la detección de movimientos

Jorge Moya Zamora

ESCUELA DE TOPOGRAFÍA, CATASTRO Y GEODESIA (UNIVERSIDAD NACIONAL, HEREDIA, COSTA RICA)

Resumen

Con el fin de estudiar la variación en la posición elipsoidica del punto ETCG, se hicieron mediciones GPS en dos épocas diferentes, después de que dicho punto se vinculó por primera vez al sistema mundial ITRF en el año 1998. Como producto del primer amarre, se obtuvo la posición de ETCG con una gran exactitud, al tener errores en las coordenadas ajustadas del orden centimétrico, lo cual dejó abierta la posibilidad de realizar nuevas mediciones y estudiar el movimiento que sufre el punto con un alto grado de exactitud.

En la investigación realizada se hicieron dos nuevos amarres al sistema mundial mediante mediciones GPS en la modalidad diferencial, uno a mediados del año 1999 y otro a finales del año 2000. Los resultados demuestran que en el período considerado existió un movimiento tridimensional significativo del punto ETCG, sin embargo, considerando únicamente las coordenadas de latitud y longitud, el desplazamiento resultante no es estadísticamente significativo

Abstract

measurements, after his first union to ITRF world system in 1998. As a product of this union, the ETCG position was obtained with such high accuracy, with errors in adjustment coordinates of centimeter order, which leaves open the possibility to make new measurements and to study the motion that happens in that particular point, with high accuracy level.

In the investigation done two types of new joints were made to the world system, by means differential GPS measurements, one made mid 1999, and the other, at the end of the year 2000. The results show that within the period selected, an exceptional three-dimensional motion existed in the ETCG point, however considering only the coordinates of latitude and longitude, the resultant motion was not statistically significant

INTRODUCCIÓN

Por todo el planeta existen redes que emplean las más modernas técnicas de medición de la geodesia por satélite, como, por ejemplo, VLBI, LLR, SLR, DORIS y GPS. El conjunto de las coordenadas tridimensionales de estas estaciones situadas alrededor del mundo, así como su correspondiente velocidad, conforman el denominado Sistema de Referencia Terrestre Internacional (ITRF). La posición de las estaciones es determinada, en muchos de los casos, con una exactitud centimétrica o mejor, lo que representa un gran nivel de confianza si se consideran las distancias que existen entre algunas estaciones. Esta exactitud permite actualmente estudiar tanto la deriva continental, en lo que respecta al movimiento de las placas tectónicas, como otras formas de movimiento local en la corteza terrestre.

En este artículo se describe la metodología que se empleó para el estudio de deformación de orden milimétrico del punto ETCG, con base en mediciones diferenciales GPS y dentro del sistema mundial ITRF. El pun-

to utilizado para llevar a cabo la investigación se encuentra en la torre de observación de la Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia de la Universidad Nacional, en Heredia, Costa Rica. Este punto formó parte, junto con otros dos, uno situado en el edificio del Catastro Nacional y el otro en La Cruz, en la zona norte del país, de un proyecto de investigación anterior desarrollado por la Escuela, en el que se hizo un estudio comparativo del datum convencional y el datum satelitario. Dicho proyecto generó como uno de sus productos el enlace, por primera vez, de una red GPS costarricense al sistema mundial ITRF (Dörries y Roldán, 1999). En la figura 1 se puede apreciar el pilar que contiene la placa del punto de estudio ETCG y sobre ella la antena geodésica GPS utilizada en las mediciones.

En el primer amarre al sistema ITRF se obtuvo una exactitud en las coordenadas elipsoidicas ajustadas de latitud y longitud del punto ETCG, del orden de los 7mm y 9mm, y de aproximadamente 18mm en altitud. La alta exactitud lograda en la posición del punto ETCG, sobre todo en sus componentes horizontales, dejó abierta la posibilidad de continuar realizando mediciones para poder efectuar estudios posteriores.



Figura 1. Imagen de la azotea y del pilar en donde se encuentra el punto ETCG.

La información anual del sistema ITRF se publica en las denominadas *Notas Técnicas*, en las que se describen los modelos empleados en la elaboración y se da un listado de las coordenadas cartesianas tridimensionales y la desviación estándar para cada una de las estaciones que conforman el sistema, tabuladas con base en el tipo de medición empleada. Además, se publican los valores de la velocidad para cada una de las componentes, así como su desviación estándar.

El sistema toma en cuenta la dinámica terrestre, por lo que las coordenadas son válidas para una época específica, la de publicación, y por medio de los parámetros de velocidad se puede calcular la posición de las estaciones ITRF para cualquier otra época. Como en cualquier análisis de deformación por métodos geodésicos, es necesario tener al menos dos épocas de medición del objeto de estudio, las cuales generan coordenadas del mismo que son comparadas posteriormente. Las diferencias entre ambos conjuntos de coordenadas se someten a pruebas estadísticas para verificar su significancia.

La metodología con la que se trabajó en el punto ETCG contempló básicamente la realización de dos nuevas campañas de medición GPS posteriores al primer enlace, referenciando ambas épocas al mismo sistema ITRF y comparando las diferencias en las coordenadas ajustadas. A continuación se describe el procedimiento empleado en esta investigación

MATERIALES Y MÉTODOS

Elección de las estaciones ITRF de amarre

De acuerdo con la distribución estratégica de las Estaciones de Operación de Recepción Continua CORS y tomando en cuenta aspectos tales como la continuidad en la medición y la exactitud en la posición, se diseñó la red de amarre. En la figura 2 se muestra la red utilizada en 1998 para el primer enlace del punto ETCG al sistema mundial, cuyos puntos

tienen una exactitud en latitud y longitud de aproximadamente 0,50 mm. En esa oportunidad se utilizaron seis estaciones ITRF, con los nombres MDO1 y RCM6, ubicadas en Fort Ord y Richmond en Estados Unidos, CRO1, en la Isla Sainte Croix en el Caribe, BOGT, en Bogotá, Colombia, AREQ, en Arequipa, Perú, y GALA, en la Isla Galápagos, en el Pacífico. Por la naturaleza del estudio se trató de conservar las estaciones originales, sin embargo en las dos campañas posteriores al primer enlace el diseño de la red tuvo que ser variado, ya que los puntos BOGT y RCM6 dejaron de brindar información, motivo por el cual se incluyó el punto suramericano KOUR, localizado en la Guyana Francesa.

Establecimiento de los periodos de medición

La metodología propuesta contempló la utilización de los datos resultantes de dos periodos de medición en el punto ETCG: el del proyecto de datum y el de la nueva investigación. En el proceso de medición se utilizó un receptor GPS de dos frecuencias y antena geodésica. Se programaron sesiones de medición de 12 horas, empezando a las 18:00 horas de tiempo local, que corresponden a las 00:00 de TU, para cada uno de los días de las campañas. Ambas campañas abarcaron aproximadamente dos semanas, trasladando los datos de cada día de medición como archivos al computador, para la posterior generación de los vectores espaciales. Cada sesión de medición en ETCG origina cuatro archivos diferentes con la información de la medición, del modelo ionosférico, del mensaje de navegación y el de efemérides transmitidas.

Captura de los archivos de las estaciones ITRF

Las estaciones del sistema ITRF miden continuamente sesiones de 24 horas y sus archivos se ocupan junto a los de las mediciones GPS reali-

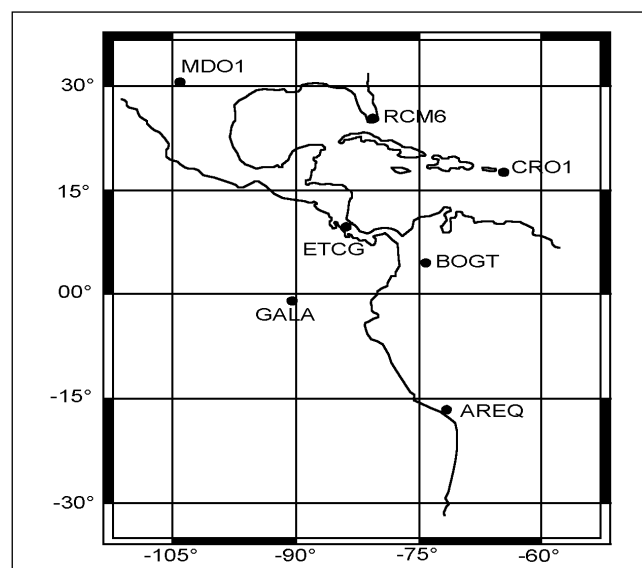


Figura 2. Red de estaciones mundiales ITRF consideradas como vínculo para el punto ETCG.

zadas en ETCG. Los archivos están disponibles en Internet, son de dominio público y se encuentran comprimidos en el formato *rinex*. Cada estación genera dos tipos de archivos, los de extensión [.nav] y los de extensión [.obs], los cuales contienen la información satelital necesaria y los datos de la estación CORS correspondiente; ambos archivos son necesarios para efectuar la elaboración y para poder calcular los vectores entre los puntos. La disponibilidad de estos archivos es prácticamente inmediata, ya que están disponibles al día siguiente de haber concluido la medición.

Cálculo de los vectores GPS

En la metodología GPS diferencial estática se determina el vector tridimensional, o distancia espacial entre dos puntos, con base en la información registrada por cada una de las estaciones. El cálculo de este vector se efectúa con ayuda del programa de elaboración, que es suministrado por el fabricante del equipo, necesitando en este caso tanto los archivos *rinex*, *nav* y los *obs* de las estaciones ITRF como el archivo de extensión [.dat] de la estación ETCG. Para mejorar la calidad de los resultados, el cálculo de cada uno de los vectores se realizó contemplando los archivos de efemérides precisas, en lugar de hacerlo con los de efemérides transmitidas, utilizados en la mayoría de los procesos por su accesibilidad inmediata. Estos contienen la posición calculada *a posteriori* de los satélites para cada día y están disponibles en Internet aproximadamente dos semanas después de haberse efectuado la medición. Con ellos se procedió a realizar el cálculo de los vectores espaciales seleccionados, es decir, los determinados entre el punto de estudio ETCG y las estaciones ITRF de amarre, como se puede ver en la figura 3.

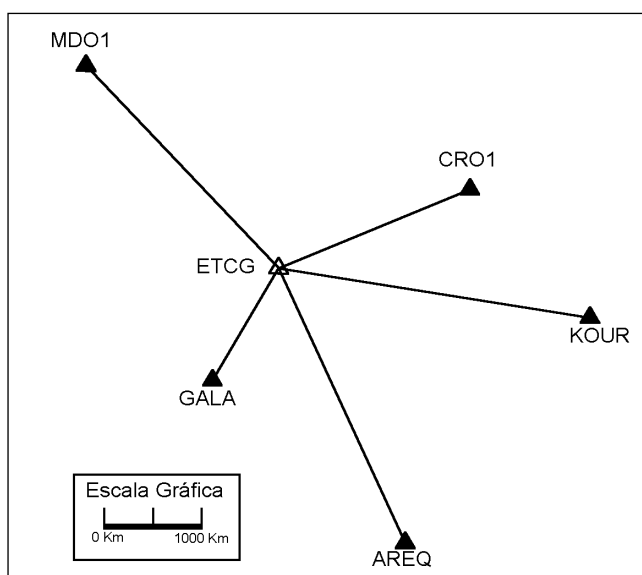


Figura 3. Vectores GPS entre el punto ETCG y las estaciones de amarre del sistema ITRF.

Transformación de las coordenadas de las estaciones ITRF

El marco de referencia utilizado en este estudio es el ITRF97, que en ese momento era el más actualizado. Las mediciones en el punto ETCG se realizaron en los años 1999 y 2000, por lo tanto fue necesario que las coordenadas de los puntos del sistema de referencia se transformaran a las épocas de medición. La transformación de coordenadas con base en los valores de velocidad en cada una de sus componentes se programó en hoja electrónica de cálculo, mediante la generación de un macro, lo cual es relativamente sencillo, ya que las coordenadas de las estaciones están en unidades lineales y los valores de velocidad se expresan en milímetros por año.

Para una mejor representación del comportamiento del sistema como tal, se debe hacer una transformación de coordenadas geodésicas cartesianas actualizadas $[X, Y, Z]$ a coordenadas geodésicas elipsoidicas actualizadas $[\lambda, \phi, h]$, las cuales son las que en definitiva se van a analizar.

Proceso de ajuste

En la metodología se planteó la realización de un proceso de ajuste de observaciones mediatas. Las coordenadas actualizadas de los puntos de la red ITRF se asumen como fijas debido a su alta exactitud y como punto nuevo el objeto, en este caso el punto ETCG. El proceso de ajuste se realiza en el programa de elaboración y toma como observaciones las tres componentes elipsoidicas de cada uno de los vectores GPS calculados, es decir, el azimut, la distancia y la diferencia de altura. Del ajuste se obtienen como resultado las coordenadas tridimensionales ajustadas del punto ETCG y sus desviaciones estándar, así como las observaciones ajustadas, sus exactitudes y otros elementos de análisis.

Pruebas estadísticas

Después de depurar los ajustes de cada una de las épocas de medición, se tienen diferentes conjuntos de coordenadas ajustadas del mismo punto. Asumiendo las coordenadas obtenidas del primer enlace de ETCG al sistema ITRF en el año 1998 por parte del proyecto datum como la posición inicial, se deben analizar las variaciones en sus coordenadas para las dos épocas posteriores. Un análisis estricto de deformación, como el descrito en (Pelzer, 1985), implica conocer la totalidad de la matriz de varianza-covarianza de las incógnitas ajustadas. Lamentablemente los programas utilizados para la elaboración solamente brindan la diagonal de dicha matriz.

Sin embargo, se aplicó una prueba similar que considera la significancia para la diferencia de dos promedios y su correspondiente desviación es-

COORDENADAS ELIPSOIDICAS AJUSTADAS DEL ETCG Y SU EXACTITUD EN EL MARCO DE REFERENCIA MUNDIAL ITRF97.							
PUNTO	EPOCA	LATITUD [sexagesimal]	S _{LAT} [mm]	LONGITUD [sexagesimal]	S _{LON} [mm]	ALTURA [mm]	S _{ALT} [mm]
ETCG	1998.35	9,5958134670	7,30	-84,0621231175	9,80	1193,7450	18,50
ETCG	1999.50	9,5958134317	7,04	-84,0621230414	13,31	1193,7793	19,91
ETCG	2000.92	9,5958134121	5,22	-84,0621231648	7,78	1193,5051	35,95

Cuadro 1. Resumen por épocas de las coordenadas elipsoidicas ajustadas y de la desviación estándar del punto ETCG.

tándar s_d , con los cuales se calcula el valor de prueba t , que sigue una distribución Student con un nivel de incertidumbre del 5% y f grados de libertad. El estadístico t se compara después con el cuantil q , que indica si existe cambio significativo o no. Básicamente, la prueba del vector desplazamiento se formula bajo dos hipótesis: la nula, de que no haya cambio, y la alternativa, de que éste sea significativo.

RESULTADOS

Con base en los dos períodos de medición realizados en ETCG para estudiar su movimiento desde el amarre inicial, se obtuvieron las coordenadas elipsoidicas ajustadas que se muestran en el cuadro 1, al igual que su desviación estándar. Los vectores de desplazamiento tridimensionales y bidimensionales calculados entre la posición de partida de ETCG en 1998 con respecto a las dos posteriores y su correspondiente análisis estadístico demuestran que existió movimiento, pero el desplazamiento total en la parte horizontal no es significativo con 95% de probabilidad.

DISCUSIÓN

La metodología aplicada confirma que se obtienen coordenadas ajustadas con una altísima exactitud, suficiente para detectar cambios milimétricos en la posición de puntos. El proceso de cálculo para la elaboración de los vectores GPS con efemérides precisas influye fuertemente en los resultados. El proceso de ajuste es muy estricto en cuanto al tratamiento en la parte de pruebas estadísticas a las observaciones, ya que se cuenta con una gran cantidad de grados de libertad.

En el punto ETCG la metodología permitió conocer un desplazamiento que resultó no significativo. Evidentemente, la metodología utilizada per-

mite gran calidad de los resultados, además de trabajar dentro del sistema de coordenadas más exacto que existe. Muchas podrían ser sus aplicaciones en países como Costa Rica, donde existe una gran actividad sísmica y tectónica, y se pueden implementar redes GPS para el estudio de éstos y otros tipos de deformación.

REFERENCIAS

- Dörries, E.; Roldán, J. (1999). *Estudio comparativo del datum geodésico de Ocotepeque y el datum satelitario del sistema WGS84*. Informe Final del Proyecto de Investigación. Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 181 p.
- Boucher, C.; Altamimi, Z. (1996). *International Terrestrial Reference Frame*. Institut Géographique National. Observatoire de Paris. Reimpresión por "GPS World". Estados Unidos.
- Boucher, C.; Altamimi, Z.; Sillard, P. (1999). *IERS Technical Note 27. The International Terrestrial Reference Frame ITRF97*. Institut Géographique National. Terrestrial Frame Section Central Bureau of IERS. Observatoire de Paris. Francia. 191 p.
- Moya, J. (2001). *Desarrollo de una metodología de medición con el sistema de posicionamiento global GPS para el estudio cinemático de cuerpos en la superficie de la tierra*. Trabajo Final de Graduación. Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 188 p.
- Pelzer, H. (1985). *Deformationsuntersuchungen auf der basis kinematischer bewegungsmodelle*. Universität Hannover. Hannover, Alemania. 1985. 33 p. Traducción de Dipl.-Ing. Luis Aguilar Escalante, M.Sc. 1991. ■

Modelando la dinámica empresarial del ejercicio de la Topografía mediante la simulación SURVSIM

Dr. Tom Kenzie y Chris Ward

REINO UNIDO

Resumen

Este artículo se centra en la importancia que tiene el aprendizaje de la gestión empresarial para los responsables de las empresas topográficas.

Se introduce un conjunto de líneas maestras para la gestión empresarial del ejercicio profesional, las cuales han sido desarrolladas para la Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). Además, se presenta la aplicación de un novedoso simulador informático, que ayuda a los gestores en una serie de temas del ejercicio profesional de la topografía, de modo que comprendan mejor los factores que influyen en el éxito comercial de sus empresas.

Este software permite a los gestores experimentar y comprobar las consecuencias financieras, y de otros tipo, ocasionadas por sus decisiones, dentro de una diversa gama de escenarios comerciales alternativos, a través de la creación de modelos. El artículo esboza el diseño del modelo e ilustra acerca de cómo la simulación se ha empleado para ayudar a los gestores. En particular, se examina, mediante diversos casos de estudio, las formas en que la simulación ha sido beneficiosa.

Concluye poniendo el énfasis en la creciente necesidad para los gestores, tanto en el ejercicio de la profesión como, cada vez más, en los organismos públicos, de desarrollar sus aptitudes para poder lograr el éxito comercial.

Abstract

This paper focuses on the importance of management development for senior personnel in surveying organisations.

The paper introduces a set of Practice Management Guidelines which have been developed for the Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). In addition, the paper introduces the application of a novel computer based business simulation to assist senior managers, in a number of surveying practices, to better understand the factors which influence the commercial success of their businesses.

The software enables senior managers to experiment and test out a range of alternative commercial scenarios by modelling the financial (and other) consequences of their decisions. The paper outlines the design of the model and also illustrates how the simulation has been used to help senior managers. In particular, the paper examines, using a number of case studies, how the simulation has been of benefit in a number of alternative formats.

The paper concludes by emphasising the growing need for senior managers in surveying practices, and increasingly, in government departments, to develop their skills in commercial leadership.

1. INTRODUCCIÓN

Para algunos topógrafos el desempeñar puestos administrativos de gestión, tanto en una empresa del sector público como del sector privado, puede resultar una experiencia inquietante y frustrante. Ya no existen las antiguas seguridades y certezas asociadas con el asesoramiento a los clientes en asuntos profesionales. A cambio, llegan los nuevos desafíos de trabajar y tratar con unos crecientes niveles de inseguridad y cada vez con menos reglas absolutas que seguir, e incluso cada vez menos soluciones acuñadas y garantizadas para los dilemas de gestión y empresariales. Enfrentados a estas circunstancias, lo que muchos harán será buscar soluciones que funcionen. Como consultores, a menudo se nos pide el *"díganos sólo qué hacer"*, generalmente asociado con el *"y, por cierto, no necesitamos nada de teoría, sólo lo sencillo"*.

En este artículo se examinan algunas de las formas en que ayudamos a los topógrafos a afrontar la transición hacia el complicado mundo de la gestión, sin caer en la trampa de buscar soluciones simplistas y a menudo inadecuadas. Para ello introduciremos unas "líneas maestras para una gestión práctica"; un conjunto de cuestiones clave para aquellos que son responsables de la gestión en el ejercicio profesional. También introduciremos un conjunto de herramientas para el desarrollo de la práctica profesional, diseñadas para ayudar a los profesionales a efectuar un chequeo de la salud de su empresa.

El artículo concluye considerando las aplicaciones de SURVSIM, una simulación en ordenador de una empresa topográfica.

2. ALGUNAS DIFICULTADES DE LAS "SOLUCIONES" A LA GESTIÓN EMPRESARIAL

Sin duda existen soluciones a los problemas de gestión empresarial. Se han escrito bibliotecas acerca de estas "soluciones". Se han adquirido reputaciones de "guru" a expensas de estas "soluciones". Muchas son las consultoras que han "surfeado" sobre las olas de las últimas soluciones en boga.

De modo que ¿Dónde está el problema? A menudo todo va bien, en tanto que la solución funcione, y sólo lo hace en las circunstancias particulares que fueron percibidas por alguien que escribió algo sobre el caso, después de que algo ocurriese. En este caso, estas soluciones mágicas pueden desmontarse de diversas formas.

- Primero, son soluciones "a los problemas de otras personas", que pueden haber funcionado en un contexto cultural único, según las circunstancias, tal y como las percibió la persona que escribe acerca de la eficacia de la solución.
- Segundo, es posible que la solución se haya mantenido "simple" y se haya descrito como un conjunto lineal de pasos racionales a seguir. Lo malo es que para cada problema empresarial complejo existe

probablemente una solución sencilla, pero que probablemente será errónea! Los problemas empresariales y de gestión complejos raramente pueden resolverse con un solo conjunto de acciones. Para comprender verdaderamente el problema se necesita considerarlo en un contexto global, incluyendo las reglas políticas, no racionales, emocionales y no escritas del asunto. Sólo haciéndolo así podremos considerar el impacto de soluciones diferentes. Con esto no se pretende sugerir que los modelos simplificados de la realidad no pueden ser útiles para resolver problemas empresariales y de gestión, de hecho lo son y lo pueden seguir siendo, pero tienen limitaciones que pueden ser considerables.

- Tercero, y relacionado con el segundo punto, sucede que es probable que la solución sea unidimensional (una solución de planificación financiera, una solución de medición de eficacia, una nueva solución de estrategias, etc.). A menudo se presta menor importancia y reconocimiento a la necesidad de un método más integrado, que tenga presente los cambalaches, dilemas y tratos que son necesarios a fin de implementar cualquier solución.
- Cuarto, las soluciones que se ofrecen habrán sido identificadas después del hecho, ya que entonces, *a posteriori*, se habrá producido un cierto grado de racionalización. También se habrá olvidado lo liso de la situación original, bien de forma inadvertida o para ayudar a encajar la solución dentro de la realidad. También habrá tenido lugar un alto grado de filtrado y de sobre-generalización.

3. UNA SOLUCIÓN ALTERNATIVA

Uno de los tópicos más corrientes en la literatura de gestión es la idea de "la mejor práctica". Identifíquese, cópiese o adaptese, impleméntese y, como el punto de vista más extendido sugiere, nos encontraremos en el "nirvana" ¿Pero es razonable el concepto de "la mejor práctica"? Desde luego sí que existe el *"no me puedo creer lo que he visto en la práctica"* y también existe *"una buena práctica o mejorable"* pero ¿Existe verdaderamente "la mejor práctica"?

Este es el dilema al que nos enfrentamos tras ganar, junto con la *Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS)*, el premio *Skills Challenge* (Reto a la Habilidad) del Departamento de Industria y Comercio del Reino Unido. Dicho Departamento subvencionó un proyecto para identificar "la mejor práctica" en la gestión de empresas pequeñas y medianas. El trabajo fue abordado inicialmente por doce socios administrativos de empresas de topografía acreditadas, aunque posteriormente los resultados han demostrado ser transferibles a todo el sector de los servicios, y más recientemente a empresas del sector público que empleen a profesionales de este ramo. Nuestro reto era proyectar un proceso que sintetizara "lo mejor para la práctica" y, una vez establecido, difundirlo.

Nuestro procedimiento inicial requería una revisión de las definiciones actuales de "la mejor práctica" en nuestro campo. En este proceso des-

cubrimos varios marcos de trabajo muy útiles. Éstos iban desde las normas de los *Investors in People* (Inversores en Personas) del Reino Unido, las normas de la *National Vocational Qualification* (Calificación Vocacional Nacional) para empresas gestionadas por sus propietarios, el modelo de calidad de la Fundación Europea para la Gestión de la Calidad, el marco de trabajo del premio a la excelencia empresarial *US Baldrige* y la serie 9000 de sistemas de gestión de la calidad de la Organización Internacional de Normalización (ISO). Además de esto, hemos descubierto varios marcos de trabajo diseñados específicamente para determinadas profesiones, incluido las "Metas en la Gestión del Ejercicio Profesional" del *Institute for Chartered Accountants in England and Wales* (Instituto de Contables Acreditados de Gales e Inglaterra) y las "Normas para la Gestión del Ejercicio Profesional" de la *Surveying Society* (Sociedad Topográfica). Todo esto contribuyó a nuestras ideas y pensamientos, en particular aquellos que trataban el tema desde el punto de vista de un diagnóstico autoevaluativo, en lugar de desde un punto de vista más prescriptivo ("haga esto").

A partir de este trabajo inicial, hemos diseñado, con nuestros socios y colaboradores, nuestro propio marco de trabajo. Nuestra intención no ha sido la de reproducir lo que ya había sido producido. Todos hemos reconocido, de forma intuitiva, que, en la actualidad, las recetas tienen sus limitaciones, por todos los motivos ya mencionados. Nuestra solución alternativa se centra en la identificación de los principales retos empresariales a los que se habían enfrentado los socios con los que estábamos trabajando. A partir de ello, hemos deseado sacar a la luz las cuestiones críticas que pueden ayudar a los nuevos gestores a comprender mejor la naturaleza de la gestión en el ejercicio profesional.

4. LÍNEAS MAESTRAS PARA LA GESTIÓN DEL EJERCICIO PROFESIONAL DE LA ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (RICS)

En la figura 1 se muestra el marco de trabajo que eventualmente empleamos para identificar las diversas líneas de pensamiento identificadas por nuestros socios. El modelo ilustra la interrelación entre los diversos aspectos de un modelo para gestionar bien la totalidad del ejercicio profesional o una unidad de negocio dentro de una empresa mayor.

Trabajamos con cada elemento del modelo, a fin de identificar las cuestiones más cruciales que nuestros socios, en su calidad de gestores, consultores, profesionales y académicos, y nuestra propia experiencia nos dictaron que tenían mayor interés. El conjunto completo de preguntas se convirtió en un conjunto de "líneas maestras", que fueron publicadas posteriormente por la *Royal Institution of Chartered Surveyors* (RICS) (Kennie y Price, 1997). En las

referencias se dan detalles acerca de cómo obtener la publicación completa.

El texto que sigue se ha extraído del apartado concerniente a la dirección y cultura.

4.1. Dirección y cultura

Los gabinetes profesionales dan empleo a profesionales independientes: personas que pueden, en ciertos aspectos del trabajo, estar más capacitados que aquellos que los dirigen. Para dirigir a este tipo de personas no es suficiente el estar al frente de la empresa, o ser un "experto final", cuyo trabajo es el de efectuar un control de la calidad esencialmente profesional. Los directivos de profesionales pueden efectuar ambas funciones, pero además deben de inspirar, o incentivar, o adular, a estos profesionales independientes, de forma que trabajen juntos para alcanzar una meta común. Es, como otros han dicho, cuidar de un rebaño de gatos.

Estas líneas maestras constan de siete elementos. El primero es el desarrollo personal y la seguridad en sí mismo. El líder que tiene seguridad en su valía personal es probable que esté mejor capacitado para el segundo elemento, que es comprender a los demás y establecer con ellos unas relaciones eficaces. Sin este entendimiento es poco probable que el jefe pueda establecer un ambiente de comunidad de fines o desarrollar una serie de sistemas de recompensas que conduzcan a alcanzar mejor los objetivos. Al revisar objetivamente el rendimiento de la empresa necesita tener muy claro cuáles son los objetivos. El entenderse a uno mismo y a los demás es, además, la base para comprender la miriada de sutiles interacciones que pueden gobernar de alguna forma muchos aspectos del comportamiento dentro de la empresa. Nosotros sugerimos que otra característica de los líderes es la habilidad para potenciar el desarrollo de los demás y, sobre todo, de estimular el cambio: Hay que mantener la empresa en continua respuesta a los cambios que acontecen.

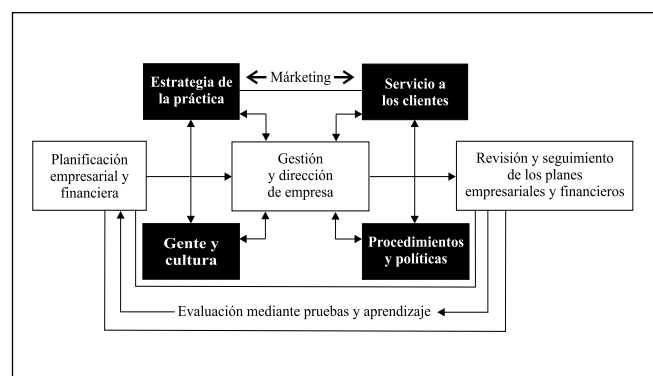


Figura 1

Algunas preguntas críticas:

4.1.1. ¿Hasta qué punto se conoce a Vd. mismo y se autodesarrolla?

- ¿Conoce Vd. sus aspiraciones personales? ¿Y cuáles son éstas?
- ¿Hasta qué punto conoce Vd. su estilo preferido de operar en el trabajo? ¿Cuál es dicho estilo?
- ¿Le es fácil cuestionarse sus postulados sobre las personas y sus actos?
- ¿Le es fácil cuestionarse sus postulados sobre temas y problemas empresariales?
- ¿Qué metas ha puesto en su continuo desarrollo personal y en sus habilidades interpersonales?
- Cuando decide tomar una línea de acción ¿Hasta qué punto se compromete en asumir la responsabilidad personal para llevarla a cabo?
- ¿Cómo se asegura Vd. de que sus acciones en el campo de la gestión sean un ejemplo que le gustaría que se siguiera?

4.1.2. ¿Hasta qué punto comprende Vd. a los demás y al proceso de establecer unas relaciones empresariales eficaces?

- ¿Comprende Vd. bien las aspiraciones de los demás, en especial las de sus clientes, socios y empleados?
- ¿Entiende Vd. plenamente qué es lo que genera el sentido de automotivación en sus socios y compañeros? ¿Por qué característica les gustaría ser famosos?
- ¿Qué es lo que saca a sus empleados de la cama cada mañana y les motiva para que trabajen para Vd.?
- ¿Cómo modifica Vd. su forma de hacer y de comunicarse para adecuarse a las necesidades de una tarea en particular o para relacionarse con otros?
- ¿Encuentra Vd. fácil el escuchar a los demás y explorar sus puntos de vista cuando lo dicten las circunstancias?
- ¿Encuentra Vd. fácil el aclarar y comunicar su propio punto de vista?
- ¿Cómo mide Vd. el nivel de diversidad que es adecuado para la empresa?
- ¿Cómo afronta Vd. esta diversidad?

4.1.3. ¿Qué sentido compartido de “hacia dónde vamos” ofrece Vd.?

- ¿Qué sentido compartido de “hacia dónde vamos” y de metas comunes ha establecido Vd. para sus socios y para la empresa?
- ¿Sobre qué escala de tiempos se extiende esta visión?
- ¿Cuánto intervinieron los otros socios o el equipo directivo en la creación de esta visión?
- ¿Cómo comprueba Vd. el grado en el que esta visión es compartida por los demás?
- ¿Qué acciones toma Vd. para comunicar, mantener o reforzar esta visión?
- ¿Cómo sabe Vd. que la empresa va “sobre ruedas”?

4.1.4. ¿Qué sistemas formales o informales existen de revisar los rendimientos y de conceder premios?

- ¿Qué sistemas formales existen para evaluar el rendimiento y las aspiraciones del personal?
- ¿Cómo aclara Vd. los objetivos/metetas/desafíos específicos a sus compañeros y demás directivos?
- ¿Qué acciones y comportamientos se ven recompensados en la empresa? ¿Estos premios o recompensas se asignan únicamente en base a la antigüedad o están relacionados con todos los aspectos del rendimiento en el trabajo?
- ¿Su sistema de recompensas o premios refuerza las estrategias en la empresa y estimula la cooperación en lugar de generar competencia entre los distintos grupos?
- ¿Cómo aborda Vd. el problema de aquellas personas que muestran un bajo rendimiento y el de aquellos que no encajan?

4.1.5. ¿Comprende Vd. bien las reglas “culturales” y no escritas del ejercicio de la profesión?

- ¿Cómo describiría Vd. lo que caracteriza a la “cultura” de su profesión?
- ¿Ha pensado Vd. si necesitaría un cambio? En caso afirmativo ¿De qué tipo?
- ¿Cuáles son las reglas no escritas de la profesión que gobiernan el comportamiento en su ejercicio? ¿Afectan algunas de ellas de algún modo negativo al rendimiento?

- Si pudiese Vd. escribir los diez mandamientos del ejercicio profesional ¿Cuáles serían éstos? ¿Cómo se comparan con la realidad?

4.1.6. ¿Cuánto tiempo y esfuerzos dedica Vd. al desarrollo profesional de otras personas?

- ¿Cómo es Vd. capaz de identificar qué capacidades y aptitudes necesitará en el futuro para el ejercicio de la profesión?
- ¿Cómo establece Vd. las necesidades para que los individuos crezcan y se desarrollen profesionalmente?
- ¿Cómo traslada Vd. estas necesidades a sus sucesivos procesos de planificación?
- ¿Qué proporción de su tiempo dedica Vd. a supervisar y entrenar a los miembros de su equipo?
- ¿Cómo equilibra Vd. las necesidades de libertad e iniciativa de los profesionales individuales con las de la dirección, con las restricciones existentes y con un *feedback* constructivo?

4.1.7. ¿Con qué éxito estimula Vd. los cambios en diversos aspectos de la práctica operativa?

- ¿De qué mecanismos dispone Vd. para evaluar las necesidades de cambio? ¿Si necesitase Vd. cambiar, cómo lo haría?
- ¿Cuánto tiempo dedica Vd. a revisar si los planes y las estrategias del ejercicio profesional son todavía adecuadas en el actual medio empresarial de actividad?
- ¿Cuáles son sus prioridades actuales para mejorar el negocio?
- ¿Cómo anima Vd. a que todos aquellos que intervienen en la empresa se cuestionen continuamente, o al menos periódicamente, la forma de hacer las cosas; en esencia, estén comprometidos en un proceso, formal o informal, de mejoras continuas?
- ¿Cuál es el ejemplo que da Vd. en el asunto de las mejoras continuas y el desarrollo continuado?

Para cada uno de los elementos restantes del marco de trabajo de las "líneas maestras de la gestión profesional" existe un conjunto de preguntas análogo.

5. UN CONJUNTO DE HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DEL GABINETE PROFESIONAL

Después de la creación de las "líneas maestras de la gestión profesional", se diseñaron una serie de cuestionarios para llevar a cabo una autoevaluación, de modo que pudieran ayudar a los directivos a efectuar una comprobación de la salud de los diversos aspectos de la empresa. Esto

también permite en algunos casos el destacar las prestaciones de la empresa en comparación con otras firmas de servicios profesionales.

Este "conjunto de herramientas para el desarrollo del ejercicio profesional" permite a los socios evaluar 12 aspectos diferentes de sus actividades. Como ilustración consideremos dos ejemplos en los que el conjunto de herramientas podría permitir a los directivos de una empresa el considerar:

- *La Estrategia*: Empleando el cuestionario de Estrategias los socios directivos pueden empezar a explorar las perspectivas de cada uno de ellos, en un amplio rango de asuntos que abarcan distintos aspectos acerca de dónde se encuentra la empresa en el momento actual y de qué prioridades y opciones existen para el futuro, etc.
- *Servicio a los Clientes*: Empleando el Diagnostico del Servicio a los Clientes los socios directivos pueden adquirir una visión profunda de las posibilidades de la empresa referentes a la prestación de servicios, empleando para ello un modelo que incluye 19 dimensiones del servicio al cliente. Esto puede además aumentarse aun más, recogiendo más datos de clientes seleccionados y empleando con ellos la herramienta denominada "Servicio a los Clientes - Su Punto de Vista"

El uso de estos procesos de diagnóstico puede ser de un valor considerable a la hora de ayudar a dar estructura a una reunión o conferencia entre los diversos socios.

Efectuando un análisis más riguroso de los temas a los que se enfrenta la empresa, el "Conjunto de Herramientas" puede ayudar a los socios a evitar el uso de soluciones inadecuadas, ya identificadas al comienzo de este artículo.

6. "SURVSIM": UN PROGRAMA BASADO EN SIMULACIONES OBTENIDAS DE EMPRESAS TOPOGRÁFICAS

La segunda herramienta que hemos desarrollado es una simulación informática que nos permite crear modelos "a la medida" que representan las características de una empresa cualquiera de topografía.

En esta sección desarrollaremos un argumento a favor de usar este método y ofreceremos algunos ejemplos ilustrativos acerca de cómo las simulaciones empresariales puede tener un valor real y práctico para las empresas de topografía.

6.1. El desafío

Supongamos que, después de estar muchos años en la empresa, se pide a un profesional que asuma en la misma un papel gestor. Resulta que para ello se necesitan unas aptitudes básicas, con unas características muy distintas a las adquiridas tras los años de ejercicio profesional.

De modo que ¿Cuáles son estas aptitudes extraordinarias que el profesional necesita? Lo primero y más importante es la habilidad para comprender a la empresa en un contexto más amplio. En cierto sentido, hay que contemplar a la empresa como un organismo; el comprender todos los factores y resortes que deciden su forma, cultura y rendimiento. Hay que poder adoptar una visión a largo plazo y, sin embargo, conservar una cierta flexibilidad para afrontar la evolución hacia nuevas formas que puedan surgir a corto y medio plazo. Hay que poder entender las relaciones de la empresa con el mundo externo.

Esto supone una aptitud para comprender y tener una visión amplia y estratégica del contexto total y de cómo unas variables afectan a las demás. Conocida como "visión panorámica", es a menudo difícil de adquirir. El topógrafo cuya visión se había visto confinada a una especialización muy estrecha y a un horizonte de planificación de asignaciones muy corto, se enfrenta con el reto considerable de tener que realinearse mentalmente.

También existe la necesidad de entender de finanzas y de manipular grandes números. Lo cual requiere de fluidez en los números, que son la base de los negocios. Los conceptos básicos son fáciles de aprender y, en su mayoría, son de sentido común. Sin embargo, hay muchos profesionales que creen que se bloquean mentalmente, lo que les impide adquirir estos conocimientos. La verdadera comprensión de los números implica la habilidad para relacionar rápidamente los conjuntos de datos numéricos, detectar varianzas, interpolar, etc.; en definitiva, a comprender lo que representan y su posible impacto en otros campos.

También se necesitan otros conocimientos, en función con la responsabilidad de gestión que haya asumido el topógrafo. Esta puede ser dentro del área de la gestión de recursos humanos, de la gestión de clientes, de marketing, de planificación o de trabajo en sistemas. Algunos de estos conocimientos pueden haberse adquirido, al menos parcialmente, durante la práctica profesional.

6.2. El reto del desarrollo de aptitudes

¿Cómo se puede alentar a un topógrafo a adquirir o desarrollar "visión panorámica" y comprensión financiera? ¿Cómo se puede combatir la relativa estrechez y cortedad de miras del ejercicio profesional?

El mejor método es el de gestionar sus propias empresas, ayudados preferiblemente por personas experimentadas y capaces. Los errores cometidos en el aprendizaje pueden, sin embargo, afectar adversamente a la empresa pero, esperanzadoramente, aquellos que están en las labores de apoyo pueden minimizar los peores desastres. Lo que es más difícil es implementar una revisión periódica de los efectos de la toma de decisiones sobre todos los aspectos de la empresa.

Una adecuada formación fuera de la empresa, como por ejemplo en una escuela de empresariales, puede ser de gran ayuda. El encontrar un pro-

grama de estudios que esté muy relacionado con las empresas de servicios profesionales puede ser algo difícil. Sin embargo, los procedimientos de las escuelas de empresariales basados en el estudio de casos reales, la discusión con otros profesionales y especialistas funcionales, además de las conferencias impartidas por académicos con una experiencia empresarial real, pueden ayudar al despegue de la empresa bajo el punto de vista empresarial.

SURVSIM combina las mejores características de estos métodos mediante la creación de una simulación altamente realista, que incluye todas las características de una empresa real, permitiendo al mismo tiempo que los participantes sean aconsejados y adiestrados por especialistas experimentados en gestión.

6.3 ¿Cómo pueden las simulaciones informáticas basadas en las empresas ser de ayuda?

La mayoría de la gente aprende las cosas haciéndolas. Una buena simulación de una empresa hace que el usuario haga marchar lo que aparentemente es una empresa real. Y no sólo aprenden a analizar la información empresarial y a tomar las consecuentes decisiones, sino que pueden ensayar estrategias que serían muy arriesgadas en la vida real.

Las simulaciones pueden permitir a las personas jugar a dirigir sus propios negocios. Si la simulación es lo suficientemente análoga a sus experiencias actuales o pasadas y representa con precisión la cultura y el medio ambiente del tipo de empresa, entonces el aprendizaje puede ser rápido y la absorción de conocimientos y concentración de los mismos muy alta.

Unas simulaciones bien construidas permiten también el desarrollo de la "visión panorámica", así como la habilidad de entender que una empresa es como una entidad orgánica. Las decisiones que se toman en alguno de los aspectos de la empresa simulada, tendrán un impacto sobre otras áreas de la misma, como sucede en los negocios reales.

Pero ¿Cuánto podemos acercarnos a la empresa real? Los usuarios necesitan que las simulaciones simulen. En otras palabras, es muy probable que acepten y se pongan a trabajar con una simulación que cree una analogía muy próxima a su medio de trabajo.

El ofrecer una enseñanza basada en simulaciones, en las que las herramientas reproducen otro tipo de empresas distintas a las de los participantes, no suele tener mucho éxito. El personal suele rechazar rápidamente lo que no viene a cuento o tiene poca importancia o simplemente tiene fallos de diseño. Por el contrario, un modelo que contempla muchos de los problemas cotidianos con los que se encuentran los profesionales puede ser muy eficaz como medio para enganchar a los socios, y a otros, a los temas empresariales.

6.4. SURVSIM y sus aplicaciones

SURVSIM es una herramienta informática sobre PC, que permite la simulación de una empresa. Puede emplearse, si los usuarios así lo desean y si se dispone de las cifras representativas, para reproducir las características financieras de toda la actividad de la empresa, o de un solo departamento, o bien puede usarse alternativamente para construir una analogía de una actividad práctica profesional.

SURVSIM puede emplearse de varias formas distintas:

- *Análisis de Sensitividad*: Demuestra el impacto que tienen las decisiones sobre la rentabilidad de la empresa y la interacción que existe entre ellas.
- *Casos de Estudio Sencillos*: Muestra cómo las decisiones de los equipos impactarían sobre la rentabilidad de la empresa y sobre otros aspectos de la buena marcha de la misma.
- *Casos de Estudio Complejos*: Simula cómo marcha la actividad de la empresa a lo largo del tiempo, registrando las decisiones de los equipos que dirigen la misma e informando a los mismos de los resultados periódicamente.

6.4.1. SURVSIM Casos de Estudio Complejos

Una aplicación típica y reciente del uso de SURVSIM ha sido en un proyecto de desarrollo de los conocimientos empresariales de los socios principales de una importante empresa internacional de topografía.

Empleando un detallado caso de estudio, SURVSIM se ha empleado para emular las siguientes situaciones de toma de decisión:

- Presentación de trabajos a concurso en un mercado competitivo
- Ofertas de precios en concursos
- Estimación de costes de trabajos
- Estructura y remuneración de los directivos que generan ingresos
- Estructura y remuneración de los directivos de apoyo
- Presupuestos del coste de la facturación del tiempo de los directivos que generan ingresos
- Coste de los gastos
- Gastos del capital
- Flujo de dinero en efectivo
- Nivel y tipos de empréstitos
- Eficacia de la facturación y cobro de deudas
- Pérdidas financieras debidas a cancelaciones y a impagos de deudas
- Impacto de los descuentos y las ofertas sobre las tarifas
- Balance de los gastos internos frente a los ingresos por tarificación en contratos
- Niveles de utilización del personal
- Sanciones por sobreutilización
- Impacto de los gastos de marketing y de las actividades de ventas.

El proceso del uso de SURVSIM supuso el que los socios de la empresa asistieran a un taller de trabajo intensivo durante dos días, en el curso del cual hicieron una simulación de su propia empresa a lo largo de un periodo de 12 meses. Trabajando en equipos que representaban a la Junta Directiva de la empresa ficticia, se requirió a cada socio que coordinase un aspecto distinto de la gestión de la empresa. Esto tuvo el beneficio añadido de alentar el trabajo en equipo y la oportunidad de valorar el impacto de dicho trabajo en equipo sobre el éxito de la empresa. Dado que cada equipo estaba compitiendo efectivamente con los demás, existió un sano nivel de competencia, que tuvo el impacto añadido de hacer más intensa la participación de los socios.

Cada grupo trabajó con informes de rendimientos obtenidos en los PC, instrucciones sobre papel, situaciones de concursos reales y otros muchos datos que reflejaban muchos de los problemas estratégicos y operativos que pueden surgir en la existencia de una empresa a lo largo de un año. Estos aspectos genéricos pueden también complementarse con otros temas, que surgen de discusiones con clientes particulares, y que se acuerda que merece la pena incluir en la simulación. Con ello se incrementa el realismo de la misma.

A lo largo del año modelado, el caso en estudio evolucionó en paralelo a los cambios del mundo externo y las decisiones de los socios alteraron la forma de la empresa. Unos realistas estudios de mini-casos permitieron tomar decisiones en áreas no financieras, como las de marketing y recursos humanos.

Según progresó la simulación se revisaron las decisiones tomadas por cada grupo y se identificaron las lecciones clave aprendidas. Las sesiones de tutoría fueron también una parte integral del taller de trabajo y aseguraron que los participantes adquirieran una detallada comprensión acerca de cómo y por qué unas determinadas decisiones llevaban a unos resultados particulares. Una sesión final, en la que se presentaron las diversas estrategias y decisiones, sirvió para reforzar aun más las lecciones aprendidas y cómo trasladarlas al mundo real.

6.4.2. Caso en Estudio – Resultados

Los socios participantes se entusiasmaron con el valor del programa en el que habían participado. Todos ellos estuvieron de acuerdo en que el proceso fue más allá de los límites de un evento de formación convencional. Les permitió revisar la práctica profesional y efectuar muchos test del tipo "¿qué sucedería si...?" con el fin de evaluar el efecto de las distintas decisiones sobre el rendimiento de la empresa, siempre en el seguro medio de trabajo de la simulación.

También mejoraron mucho sus aptitudes para ligar globalmente las variables financieras y no financieras de la empresa. Además, adquirieron una comprensión mucho más detallada de las finanzas de la empresa y del impacto real de temas estructurales y de establecimiento de distintos precios sobre los resultados financieros de la empresa. También se

mejoró la confianza entre ellos, el trabajo en equipo y su facilidad de comunicación. Finalmente, se consideró que sus conexiones con su propia firma eran muy íntimas.

El proyecto concluyó con la creación de un "Foro para el Desarrollo" mensual, que permitiese a los socios continuar la discusión de muchos de los asuntos que surgieron durante el programa. También se han organizado sesiones de formación que creen simulaciones más detalladas y que permitan el traslado de los conceptos desde el programa a su implementación en la práctica.

6.5. Acreditación de Postgrado

Lo último que se ha conseguido relacionado con el uso de SURVSIM ha sido el desarrollo de una acreditación de postgrado en la que el programa se emplea como parte de un programa más amplio. Para complementar a la simulación, los autores han escrito una completa guía de estudio. Tanto este documento como la propia simulación están siendo reestructurados en la actualidad para que sea posible hacer entrega de los mismos en CD-ROM y a través de la Red.

7. CONCLUSIONES

En este artículo hemos argumentado que el gestionar la práctica profesional moderna no consiste en aplicar soluciones importadas; soluciones que tienen su origen en el más amplio mundo de los negocios corporativos. Sugerimos que es esencial la identificación de algunas de las cuestiones clave con las que se enfrentan las empresas y sus directivos o socios individuales. Para ayudar a ello hemos ofrecido una breve descripción de tres fuentes de ayuda potencial. Un conjunto de "líneas maestras de la gestión profesional"; un conjunto de Herramientas para efectuar un chequeo de cómo marcha una empresa y una simulación informática que ayuda a mostrar el impacto de las distintas decisiones empresariales sobre el buen funcionamiento de la empresa. En lugar de centrarse en

"la mejor práctica" creemos que hay que prestar más atención a "mejorar la práctica", pero aun más a "mejorar el proceso", que es la forma de poder implementar "la mejor práctica", aunque tal vez esto sea tema para otro artículo.

REFERENCIAS

- Kennie, TJM y Price, I. 1997. *Practice Management Guidelines - Key Questions for the Leaders and Managers of Modern Professional Practices*, 43pp. Royal Institution of Chartered Surveyors. Se pueden adquirir ejemplares de las líneas maestras al precio de £9.50 en RICS Books, Surveyor Court, Westwood Way, Coventry CV4 8JE, Tel: 0171 222 7000 Fax : 0171 334 3851.

NOTAS BIOGRÁFICAS

El Dr. Tom Kennie, MBA, es director del grupo consultor Ranmore. Es además profesor, a tiempo parcial, de Gestión del Ejercicio Profesional en la Universidad Sheffield Hallam. Sus actividades como consultor y en el desarrollo de la gestión, incluyen su trabajo con diversas firmas topográficas y otras empresas de servicios profesionales dentro de los sectores de la propiedad y de la administración. El Dr. Kennie es topógrafo registrado y ha sido también director de una empresa internacional de asesoramiento sobre propiedades. Es Vicepresidente de la FIG.

Chris Ward, MBA, es también director del grupo consultor Ranmore. Tiene más de 15 años de experiencia trabajando con diversas firmas topográficas, en un amplio abanico de temas relacionados con la gestión de empresas topográficas. Tiene un particular interés en la gestión financiera y ha desarrollado diversas herramientas informáticas para ayudar a los profesionales a comprender las finanzas empresariales. Tiene una sólida formación en gestión empresarial y ha sido también responsable de las actividades de formación y desarrollo en una importante empresa de contables registrados. ■



**CASI NO QUEDAN
NIÑOS MENORES
DE 5 AÑOS**
*Aad Rieval, del
Programa Mundial
de Alimentos*

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

Una nueva tecnología para un nuevo siglo: Los Sistemas Portátiles de Cartografía Móvil

Cameron M. Ellum y Dr. Naser El-Sheimy

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOMÁTICA

UNIV. DE CALGARY (CANADÁ)

Resumen

El Departamento de Ingeniería Geomática de la Universidad de Calgary está desarrollando un sistema de cartografía móvil portátil (MMS) de bajo coste. La finalidad del sistema es superar las deficiencias de los actuales sistemas de cartografía móvil, es decir, sus altos costes, gran tamaño y complejidad, que han restringido su adopción por la industria topográfica. El desarrollo de un sistema de este tipo satisface la demanda de un sistema de cartografía móvil que pueda competir, tanto en coste como en sencillez de uso, con los actuales sistemas GPS y de levantamientos terrestres convencionales.

El sistema integra una brújula magnética digital, un receptor GPS de frecuencia dual y una cámara digital en un sistema cartográfico de multisensores. El GPS suministra estimaciones de la posición de la cámara en las estaciones de exposición y la brújula ofrece una estimación de la posición espacial de dicha cámara. Estas estimaciones de la orientación exterior se emplean luego como observaciones ponderadas de los parámetros en un ajuste por haces.

En este artículo se examinan las precisiones absolutas y relativas del sistema en el espacio objeto empleando distintas distancias puntuales entre la cámara y el objeto y distinto número de imágenes y de mediciones puntuales en las mismas. Se han logrado precisiones absolutas inferiores a los 25 cm con tres imágenes y una distancia del objeto a la cámara de 20 m. Esta precisión es comparable a la de los actuales sistemas GPS de frecuencia única. El acuerdo interno de los puntos levantados mediante este sistema es inferior a los 10 cm. También se examina el efecto de incluir observaciones adicionales.

Abstract

A low-cost backpack mobile mapping system (MMS) is being developed in the department of Geomatics Engineering at the University of Calgary. The goal of the system is to overcome the drawbacks of current mobile mapping systems - namely their high cost, large size, and complexity - that have restricted their widespread adoption in the survey industry. The development of such a system satisfies the demand for a mobile mapping system that can compete in both cost and user friendliness with current GPS and conventional terrestrial survey systems, while realising the significant gains in efficiency available through the use of an MMS.

The system integrates a digital magnetic compass, dual-frequency GPS receiver and consumer digital camera into a multi-sensor mapping system. The GPS provides estimates of the camera's position at the exposure stations and the magnetic compass provides estimates of the camera's attitude. These exterior orientation estimates are then used as weighted parameter observations in a bundle adjustment.

The absolute and relative object space accuracies of the system are examined at different camera-to-object point distances using different numbers of images and different numbers of image point measurements. With three images at a 20m object-to-camera distance, absolute accuracies of under 25 cm are achieved. This is comparable to current single-frequency GPS data acquisition systems. The internal agreement of points surveyed using the system is under 10 cm. The effect of including additional observations is also examined.

1. ANTECEDENTES

Existe una creciente demanda de datos geospaciales por parte de los gobiernos y de la industria privada. Las compañías topográficas pequeñas y medianas atienden a esta demanda empleando métodos tradicionales de recogida de datos. Sin embargo, estas técnicas tradicionales, incluido el GPS, son costosas en tiempo y dinero y no son muy adecuadas para una captura rápida de las grandes cantidades de datos espaciales que los Sistemas de Información Geográfica requieren. Por las mismas razones, las técnicas tradicionales no son tampoco muy adecuadas para realizar frecuentes actualizaciones. En el esfuerzo para solucionar estas carencias de las técnicas tradicionales de captura de datos espaciales, se ha realizado mucha investigación para la creación de sistemas de cartografía móvil (MMS). Los MMS combinan sensores de navegación, tales como GPS o INS, con sensores cartográficos, tales como las cámaras de CCD o los *scanners pushbroom*, y están afortunadamente resolviendo muchas de las desventajas de las técnicas topográficas tradicionales. Exámenes detallados de los MMS pueden encontrarse en Li (1997), El-Sheimy y Ellum (2001), y ejemplos de su implementación se pueden encontrar en Bossler y Novak (1993), El-Sheimy (1996) Toth y Grejner-Brzezinska (1998) o Mostafa y Schwartz (1999). En todas estas publicaciones se está de acuerdo en que las ventajas de los MMS son tan numerosas como variadas. No obstante, los principales beneficios son:

- Se reduce el tiempo y el coste de los levantamientos de campo
- A partir de datos de sensores remotos se puede determinar la información espacial y la de los atributos
- Los datos se pueden recoger y revisar fácilmente, lo que permite recogidas adicionales sin necesidad de campañas adicionales de campo.

Pese a estas ventajas, los actuales sistemas de cartografía móvil no han conseguido una amplia aceptación en la comunidad cartográfica. Los reparos en aceptar la tecnología MMS surgen principalmente de los dos siguientes aspectos: su coste y su complejidad. Hasta ahora, los MMS se han instalado predominantemente en furgones y aviones. Estos sistemas normalmente están constituidos por un receptor GPS de frecuencia dual, unidades de Medición Inercial (IMU) y por diversos sensores cartográficos. Estos componentes hacen que estos sistemas sean muy precisos, sin embargo son también muy caros y complejos. Sólo las grandes compañías y las organizaciones gubernamentales tienen tanto la experiencia como los recursos que se precisan para operar con estos sistemas y, por consiguiente, las pequeñas empresas cartográficas y topográficas continúan usando las técnicas topográficas tradicionales en aquellos proyectos que necesitan una recogida de datos para los Sistemas de Información Geográfica.

El propósito de este desarrollo de un sistema de cartografía móvil portátil es el de resolver los inconvenientes de los sistemas actuales de cartografía móvil, que limitan su aceptación por parte de la comunidad topográfica. El MMS portátil competirá en precisión con los actuales mé-

todos de recogida de datos para los Sistemas de Información Geográfica y, además, ofrecerá unas ventajas en cuanto a flexibilidad y eficacia que sólo el MMS puede ofrecer. Las aplicaciones de un equipo de cartografía móvil portátil son numerosas. Incluyen, entre otras, el cartografiado de los derechos de acceso de oleoductos, la adquisición de datos urbanos para los Sistemas de Información Geográfica, los inventarios de carreteras, el cartografiado de servicios, la reconstrucción arquitectónica y la cartografía topográfica de pequeña escala.

Este artículo ofrece una breve información básica de los sensores cartográficos y de navegación seleccionados para el MMS. A continuación se examina la precisión de los sensores de navegación y se concluye con los resultados de las pruebas realizadas empleando el sistema.

2. SENSORES CARTOGRÁFICOS Y DE NAVEGACIÓN

Como ya se indicó con anterioridad, todos los sistemas de cartografía móvil son una combinación de diversos sensores cartográficos y de navegación. En el MMS portátil los sensores empleados son una brújula magnética digital, un receptor GPS de frecuencia dual y una cámara digital corriente.

2.1. La brújula magnética digital

Para determinar la orientación el MMS portátil emplea una brújula magnética digital Leica (Digital Magnetic Compass, DMC). Esta brújula magnética digital combina tres acelerómetros micro-electromecánicos y tres sensores del campo magnético. Los acelerómetros detectan la dirección del vector de gravedad terrestre y, a partir de esto, se pueden calcular fácilmente los ángulos de inclinación y cabeceo. Similarmente, el acimut se determina a partir de las componentes del campo magnético terrestre detectadas por los sensores del campo magnético. Dado que la referencia es el campo magnético terrestre, los ángulos de acimut, obtenidos con la brújula magnética digital, están referidos al Norte magnético. Por tanto, si se quieren referir el norte verdadero deben de corregirse de declinación magnética. Afortunadamente existen múltiples modelos mundiales del campo magnético terrestre que se considera tienen una

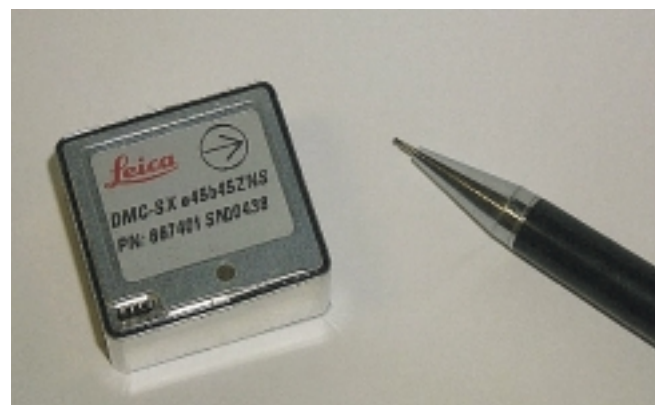


Figura 1. Brújula magnética digital Leica (DMC)

Precisiones Angulares	
Acimut	0,5° (2σ)
Inclinación	0,15° (2σ+/- 30°)
Cabeceo	0,15° (2σ+/- 30°)
Ratio de Medición	
Estándar	30 Hz (hasta 150 Hz en modo de datos brutos)
Opcional	60 Hz
Parámetros Físicos	
Peso	menos de 28 gramos
Dimensiones	31 mm.0 × 33,0 mm × 1,5 mm
Otros	
RS232 Serial Interface. Max. Baud. 38,4000	
Procedimientos de compensación interna "soft – hard" magnética	

Tabla 1. Especificaciones de la Leica DMC- SX

precisión superior a 1° y que son de libre acceso. También existen modelos regionales y locales de mayor precisión. En la tabla 1 se muestran las especificaciones de la brújula magnética digital que se muestra en la figura 1.

La precisión de los ángulos acimutales obtenidos con las brújulas magnéticas digitales depende notablemente del grado en el que esté alterado el campo magnético local. Las alteraciones en el campo magnético pueden dividirse en dos categorías: *softmagnéticas*, que son las originadas por materiales magnéticos cercanos, y *hardmagnéticas*, ocasionadas por campos eléctricos y magnéticos próximos e imanes. Si las fuentes de estas alteraciones son fijas en relación con los sensores magnéticos, como las cámaras y las antenas de GPS del MMS portátil, se puede anular su efecto mediante calibraciones. La brújula magnética digital incluye varias rutinas de calibración interna que efectúan calibraciones tanto *softmagnéticas* como *hardmagnéticas*. Para más información acerca de las alteraciones *hardmagnéticas* y *softmagnéticas* y una introducción a las brújulas digitales, véase Caruso (2000). Como nota final, las alteraciones que no son fijas no se pueden obviamente compensar y deben, por tanto, ser evitadas.

2.2. GPS

El GPS ha sido el principal causante del desarrollo de cualquier tipo de sistema de cartografía móvil (Li, 1997). Por tanto, su inclusión en el MMS portátil es obvia. Ninguna otra tecnología de posicionamiento ofrece una precisión y una flexibilidad parecidas al mismo coste y con un tamaño tan pequeño. El receptor GPS que se está empleando en la actualidad en el MMS portátil es el Novatel RT2 de frecuencia dual. Para procesar las mediciones GPS se emplea el software de proceso Grafnav para GPS cinemático de Waypoint Consulting.

2.3. Cámara digital

La cámara digital que se está empleando en la actualidad en el MMS portátil es la Kodak DC260. Este tipo de cámaras digitales es ideal para su inclusión en los sistemas de cartografía móvil portátil, debido al gran formato de su imagen en color, su bajo coste y su gran memoria interna.

La memoria interna de una cámara es particularmente valiosa, ya que no hay tanta necesidad de transferir las imágenes a un ordenador auxiliar. La Kodak DC260 está especialmente indicada para la fotogrametría de objeto cercano, por su habilidad en fijar el foco en el infinito, evitando de esta forma los cambios de orientación interior que se originan por los cambios de enfoque.

3. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

El desarrollo del MMS portátil todavía sigue en marcha. Sin embargo, la figura 2 muestra la disposición anticipada de los diversos sensores. En esta disposición la brújula magnética digital realiza continuamente mediciones de inclinación, cabeceo y rotación alrededor del eje vertical. Se admite que para esta aplicación no se necesitan mediciones continuas de los ángulos de la orientación, pero el realizarlas de forma continua simplifica el sistema, ya que hace innecesario el comunicarse con la brújula magnética digital durante el levantamiento. En otras palabras, una vez que se comienza con la brújula magnética digital el programa de control ya no tiene que interactuar más con ella. Las mediciones obtenidas con la brújula magnética digital se envían al receptor GPS, que les asigna etiquetas de tiempo y las reenvía al ordenador de control. El receptor GPS es también responsable de marcar los tiempos de las exposiciones. Cada vez que el receptor recibe una señal del flash externo de la cámara, se genera una marca de exposición. Es importante señalar que la propia cámara es la responsable de almacenar las imágenes y que el receptor GPS sólo marca los tiempos de las capturas de las mismas. Esta disposición reduce notablemente el volumen de los datos que deben enviarse al receptor GPS y posteriormente al ordenador de control.

El GPS es el núcleo de toda la disposición que se muestra en la imagen. Esta disposición difiere de la de los MMS estándar, en donde el ordenador de control es el responsable de manipular los flujos de datos procedentes de los diversos sensores. Sin embargo, el emplear el receptor GPS para manipular los flujos de datos tiene dos ventajas significativas. Primero, simplifica el etiquetado de los tiempos de los diversos flujos de datos. Segundo, reduce los requisitos de comunicación del ordenador de control, es decir, sólo se necesita un puerto de comunicaciones.



Figura 2. Configuración del sistema de MMS portátil

4. FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS

La base de las ecuaciones de colinearidad empleadas en fotogrametría en un ajuste por haces, estriba en una transformación conforme con siete parámetros, que relaciona las mediciones de un punto en la imagen \mathbf{r}_p^c , con sus coordenadas en el espacio objeto \mathbf{r}_p^M (Cooper y Robson, 1996)

$$\mathbf{r}_p^M = \mathbf{r}_c^M + \mu \mathbf{R}_c^M \mathbf{r}_p^c \quad (1)$$

En la ecuación (1) \mathbf{r}_c^M es la posición del centro perspectivo de la cámara dentro del marco cartográfico, y μ es la escala entre el marco de la cámara y el cartográfico. \mathbf{R}_c^M es la matriz de rotaciones entre el marco de coordenadas de la cámara y el marco de coordenadas cartográfico. En fotogrametría los ángulos ω , ϕ y κ , que corresponden a series de rotaciones alrededor de los ejes X, Y, Z respectivamente, se usan típicamente para construir esta matriz. Los ángulos son los que se precisan para rotar los ejes de la cámara, de modo que se alineen con los ejes en el espacio objeto.

En el MMS portátil la posición del centro perspectivo de la cámara y la matriz de rotaciones entre el marco de coordenadas de la cámara y el marco de coordenadas cartográfico, se miden indirectamente. En realidad, el GPS suministra la posición del centro de fase de la antena \mathbf{r}_{GPS}^M , que debe ser pues corregido en la distancia entre la cámara y la antena $\mathbf{a}_{GPS/c}^c$ mediante:

$$\mathbf{r}_c^M = \mathbf{r}_{GPS}^M + \mathbf{R}_c^M \mathbf{a}_{GPS/c}^c \quad (2)$$

La brújula magnética digital suministra los ángulos de inclinación, cabeceo y rotación alrededor del eje vertical, que relacionan el marco de coordenadas cartográfico y el marco de coordenadas de la brújula magnética digital. Estos ángulos se emplean para formar la matriz de rotaciones \mathbf{R}_{DMC}^M en una secuencia de rotaciones alrededor de los ejes X, Y, Z, para los ángulos de inclinación, cabeceo y rotación alrededor del eje vertical, respectivamente. También se necesita una serie adicional de rotaciones para relacionar el sistema de coordenadas de la brújula magnética digital (DCM) con el sistema de coordenadas de la cámara. Estas rotaciones, que se determinan mediante calibración, se emplean para formar la matriz de rotaciones \mathbf{R}_c^{DCM} . Juntas, estas dos matrices determinan la matriz de rotación entre el sistema de coordenadas de la cámara y el sistema de coordenadas cartográfico.

$$\mathbf{R}_c^M = \mathbf{R}_{DMC}^M \mathbf{R}_c^{DCM} \quad (3)$$

Empleando la ecuación (3) es posible determinar la relación analítica entre los ángulos de inclinación, cabeceo y rotación alrededor del eje vertical y los ángulos ω , ϕ y κ . Sin embargo, esto no se hizo por simplicidad. En vez de ello se usó la ecuación (3) para formar la matriz \mathbf{R}_c^M y, a continuación, se extraen los ángulos ω , ϕ y κ de la matriz.

Una vez determinada la estimación de la posición y la orientación de la cámara, pueden ser incluidas en el ajuste por haces como estimaciones

ponderadas de los parámetros (Mikhail, 1976). Obviamente, si no existe control en las imágenes se necesita una estimación *a priori* de los parámetros, para prevenir deficiencias de rango en la matriz normal. La interpretación física de las estimaciones de los parámetros es la de que las posiciones GPS están "amarrando" la escala, translación y, dependiendo de su número, una o más de las rotaciones del datum. De forma similar, los ángulos de la brújula magnética digital fijan las rotaciones del datum. La interpretación matemática de las estimaciones de los parámetros es la de que actúan como restricciones estocásticas en la definición del datum (Cooper y Robson, 1996). Con estimaciones paramétricas para las posiciones (obtenidas por GPS) y los ángulos de orientación (obtenidos por brújula magnética digital), el MMS portátil puede operar con tan sólo dos imágenes. Resulta que con dos imágenes, ambas con posiciones GPS y ángulos de brújula magnética digital, existe una redundancia de información en todos los parámetros del datum, con excepción de la escala. Sin embargo, desde el punto de vista operativo, es ventajoso el emplear al menos tres imágenes, ya que entonces habrá redundancia de información en todos los parámetros del datum. En el supuesto de que todos los puntos tengan su imagen en las tres imágenes, existirá también redundancia de información en los puntos del espacio objeto.

5. RESULTADOS

La finalidad principal de las pruebas del MMS portátil era determinar las precisiones cartográficas alcanzables por el sistema integrado. Sin embargo, antes de realizar este test, fue necesario investigar el comportamiento de los sensores de navegación en el mundo real. Los test necesitaron un campo de pruebas que simulara el típico ambiente urbano en que se pretende que opere el MMS portátil. Así pues, se dispuso de un campo de pruebas en el que había estructuras verticales próximas, pavimentos y follaje, es decir, un lugar difícil para el GPS. También había edificaciones metálicas cercanas y farolas, que podían influir en el acimut determinado por la brújula magnética digital.

El campo de pruebas fue inicialmente levantado y ajustado topográficamente, empleando líneas de base GPS, distancias obtenidas por equipos de medición electrónica de distancias y ángulos horizontales y verticales. Con el fin de aumentar la precisión de los puntos levantados y para determinar de la forma más exacta las orientaciones externas de las imágenes de prueba, se realizó además un ajuste combinado fotogramétrico-terrestre con las mediciones de todas las imágenes empleadas en los test. También se calibraron simultáneamente los parámetros de distorsión de la lente de la cámara y la orientación interna, aunque se incluyeron asimismo los resultados de una calibración previa en forma de parámetros ponderados.

La red combinada tenía una redundancia de más de 1.500 y las desviaciones típicas de las coordenadas en el espacio objeto de los puntos escogidos y las posiciones de las estaciones de exposición eran inferiores

Número de exposición	Portadora de fase L1/L2 cinemática				Código C/A diferencial			
	Diferencias de coordenadas (m)			Diferencia de distancias	Diferencias de coordenadas (m)			Diferencia de distancias
	Este	Norte	Elevación		Este	Norte	Elevación	
1	-0,025	0,065	0,024	0,074 m	0,919	-0,685	-0,624	1,305 m
2	-0,022	0,079	0,005	0,082 m	0,884	-2,528	-4,429	5,176 m
3*	-0,600	-0,895	-2,699	2,906 m	-1,288	-1,421	-3,284	3,803 m
4*	-0,185	0,451	-1,871	1,934 m	-0,972	-2,134	-6,286	6,709 m
5*	-0,723	-0,621	-1,870	2,099 m	-1,185	-0,537	-2,003	2,388 m
6*	-0,695	-1,052	-1,617	2,050 m	-0,497	-0,761	-1,131	1,450 m
7	-0,075	-0,090	0,045	0,126 m	-4,245	-1,476	-8,128	9,288 m
8	-0,071	-0,031	0,061	0,099 m	-0,406	-0,261	2,478	2,524 m
9	-0,111	-0,002	0,049	0,121 m	0,075	-2,291	-2,033	3,064 m
10	-0,071	-0,084	0,019	0,112 m	0,693	-0,057	-2,636	2,727 m
11	-0,106	0,010	0,054	0,119 m	1,125	-0,268	-0,800	1,407 m
12	-0,073	0,073	0,041	0,111 m	1,889	1,038	-2,049	2,974 m
Promedio	-0,069	0,002	0,037	0,105 m		-0,816	-2,278	3,558 m 4,194 m
RMSE	0,075	0,060	0,041	0,107 m		1,348	3,605	

* Pérdida de contacto con el satélite, no se incluye en los promedios de portadora de fase.

Tabla 2. Diferencias de posición en ajuste de redes por haces

al milímetro. Las orientaciones espaciales de las estaciones de exposición tuvieron unas desviaciones típicas en su mayoría inferiores a un minuto de arco. Las posiciones y orientaciones espaciales calculadas en el ajuste combinado fotogramétrico-terrestre fueron contempladas como las cantidades "verdaderas" en todas las comparaciones que se van a efectuar en las secciones siguientes. Se despreció el error residual restante, ya que su magnitud relativa estaba por debajo del nivel centimétrico. El ajuste inicial de la red terrestre, el ajuste combinado y los ajustes fotogramétricos individuales realizados para las pruebas, se efectuaron todos empleando el programa de ajuste por haces descrito en la sección 6.

Las imágenes para las pruebas fueron tomadas con distancias del objeto a la cámara de aproximadamente 20 y 40 m, a las que en adelante nos referiremos como imágenes "próximas" y "distantes" respectivamente. Inicialmente se capturaron dos imágenes en cada una de las seis estaciones, 3 próximas y 3 distantes. En la descripción de las pruebas las imágenes de la 1 a la 6 son imágenes próximas y de la 7 a la 12 son imágenes distantes. En todos los casos los acimut obtenidos con la brújula magnética digital han sido inicialmente corregidos en declinación magnética empleando el Programa de Recuperación de la Información Magnética del Geological Survey de Canadá (MIRP) (GSC, 2000).

5.1. Prestaciones de los sensores de navegación

La tabla 2 muestra el acuerdo entre las posiciones GPS y las de la cámara calculadas en el ajuste combinado fotogramétrico-terrestre. Los resultados muestran que el medio físico en el que se efectuó la prueba no era el óptimo, ya que los resultados son notablemente peores de lo esperado, especialmente teniendo en cuenta que la separación entre "master" y "remoto" nunca excedió de los 150 m y que el número de

satélites nunca fue inferior a 6. Se cree que la causa de la escasa precisión es el efecto *multipath*, originado por la proximidad de las edificaciones. Los resultados de fase de portadora en las imágenes 4, 5 y 6 son apreciablemente peores que el resto, debido a una pérdida de contacto con el satélite después de la imagen 2, por ello estas anomalías no se incluyeron en las estadísticas. Esta pérdida de contacto ilustra que, al menos en ambientes urbanos, el GPS cinemático en tiempo real (RTK) es más una necesidad que un lujo. Esto se debe a que, pese al extremo cuidado que durante estas pruebas se puso para evitar la pérdida de contacto, ésta sin embargo se produjo. Esto probablemente sucederá a cualquier usuario en idénticas circunstancias y únicamente con RTK se podrían mantener unas precisiones aproximadas de forma fiable. También merece la pena señalar que, en la situación en la que se efectuó la prueba, una solución de código diferencial es claramente demasiado inadecuada, incluso para las más burdas aplicaciones cartográficas. Sin embargo, esto no desecha totalmente su uso en MMS portátil, ya que se necesita probarlo en otros medios.

En la figura 3 y en la tabla 3 se muestran las diferencias entre los ángulos de orientación espacial medidos con la brújula magnética digital y los verdaderos. En esta prueba los ángulos de orientación espacial de la brújula magnética digital se recogieron a aproximadamente 10Hz. Con esta frecuencia de muestreo las mediciones tienen un ruido moderado, en particular el acimut, que puede variar en varios grados. Por tanto, para reducir algo de este ruido se emplearon promedios de cada segundo de los datos de la brújula magnética digital. Esto mejoró el acuerdo de los ángulos de inclinación y de cabeceo en aproximadamente 8 minutos de arco y los ángulos de acimut en más de medio grado. Se piensa que es éste un periodo razonable, ya que el MMS portátil ha de mantenerse inmóvil al menos durante este periodo para poder captar la imagen. Los

resultados de la tabla 3 son las diferencias después de que se halla quitado la media de las diferencias entre los ángulos de orientación espacial, medidos mediante la brújula magnética digital, y los verdaderos ángulos. Esto se hizo ya que el tiempo no permitió una calibración completa del sistema integrado y el promedio de las diferencias angulares se empleó como una estimación de la desalineación entre los ejes de la cámara y los ejes de la brújula magnética digital. Por supuesto, el quitar la media ocasionará una estimación demasiado optimista de los errores angulares, en particular para el acimut, ya que también compensará tanto las deficiencias en el modelo de declinación magnética como las variaciones locales del campo magnético, aunque la media de las diferencias en acimut era la menor de los tres ángulos antes de que se prescindiera de ella. Finalmente, debe señalarse que la brújula magnética digital no había sido calibrada para alteraciones *hardmagnéticas* ni para alteraciones *softmagnéticas* y, desde luego, los resultados referentes al ángulo de acimut de la tabla 3 mejorarían con estas calibraciones.

En la tabla 3 el acuerdo entre los ángulos medidos y los verdaderos es generalmente bueno. Sin embargo, existe una notable y sorprendente caída en la precisión de los acimut de las cuatro últimas estaciones de exposición. Una posible explicación era la proximidad de una farola y de una edificación metálica, aunque se presentía que estos objetos no podían alterar el campo magnético en la magnitud que se aprecia en la tabla 3. En consecuencia, se comprobaron los resultados mediante la captación de imágenes adicionales en aproximadamente las mismas posiciones que las seis imágenes finales del primer conjunto de datos, es decir, las imágenes distantes. En este segundo conjunto de imágenes se alteró el tiempo de integración interna de datos de la brújula magnética digital, de manera que las mediciones se recogieron a 1 Hz. Desgraciadamente no se dispuso de GPS en estas imágenes y, dado que la brújula magnética digital se había vuelto a montar, se calcularon nuevos promedios de diferencias angulares, que se usaron de nuevo, en lugar de realizar una rigurosa calibración.

Las diferencias de acimut en las nuevas fotos, que se muestran en la figura 4 y en la tabla 4, son notablemente inferiores que las diferencias de las fotos previas tomadas en las estaciones de exposición. La causa de los errores de acimut en el primer conjunto de imágenes se desconoce, sin embargo existe la posibilidad de que se permitiera que el cable eléctrico de la cámara estuviese muy próximo a la brújula magnética digital.

5.2. Precisiones cartográficas

Como ya se mencionó en la sección 4, las coordenadas en el espacio objeto obtenidas con el MMS portátil se determinan empleando un ajuste por haces, en el que las mediciones de los puntos de las imágenes y las posiciones y orientaciones de las estaciones de exposición se han realizado con GPS y brújula magnética digital. Desgraciadamente, la pérdida de contacto con el satélite, ya discutida en la sección 5.1, significó que no fuera posible emplear las posiciones GPS de fase de portadora en las

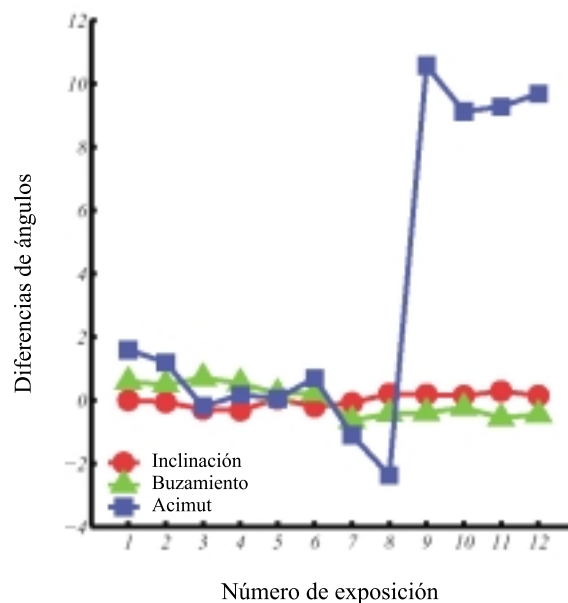


Figura 3. Brújula magnética digital / Diferencias de ajustes combinados de ángulos

Número de exposiciones	Diferencias de ángulos (°)		
	Inclinación	Buzamiento	Acimut
1	-0,006	0,580	1,591
2	-0,067	0,490	1,185
3	-2,290	0,704	-0,201
4	-0,326	0,534	0,166
5	0,040	0,202	0,054
6	-0,211	0,224	0,690
7	-0,083	-0,648	-1,109
8	0,202	-0,433	-2,376
9	0,181	-0,394	10,574
10	0,138	-0,240	9,125
11	0,280	-0,564	9,279
12	0,142	-0,455	9,693
RMSE	0,191	0,482	5,675

Tabla 3. Brújula magnética digital / Diferencias de ajustes combinados de ángulos

cuatro exposiciones finales de las estaciones próximas. De ahí que, en su lugar, se emplearan las posiciones obtenidas en el ajuste combinado fotogramétrico-terrestre. Para simular el efecto de los errores de posición, los errores de coordenadas de las estaciones lejanas equivalentes se añadieron a las posiciones de las estaciones de exposición. Además, los ángulos erróneos de brújula magnética digital de las imágenes lejanas iniciales, significaban que ningún ajuste convergería con estas imágenes. Así que se empleó el segundo conjunto de imágenes lejanas, con los ángulos de la brújula magnética digital correctos. Como no se había usado GPS en estas imágenes, se simulaban los errores de posición añadiendo los errores de coordenadas del primer conjunto de estaciones lejanas a las estaciones de exposición verdaderas.

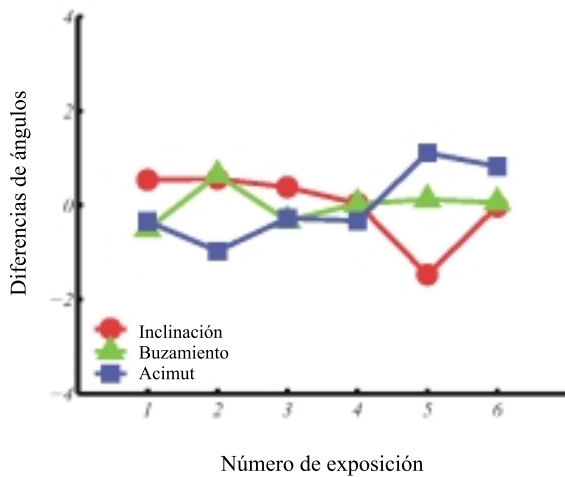


Figura 4. Brújula magnética digital / Diferencias de ajustes combinados de ángulos – segundo conjunto de imágenes lejanas.

Número de exposiciones	Diferencias de ángulos (°)		
	Inclinación	Buzamiento	Acimut
7	0,533	-0,510	-0,346
8	0,555	0,637	-0,973
9	0,383	-0,328	-0,277
10	0,035	0,026	-0,333
11	-1,474	0,122	1,105
12	-0,031	0,053	0,824
RMSE	0,697	0,363	0,725

Tabla 4. Brújula magnética digital / Diferencias de ajustes combinados de ángulos – segundo conjunto de imágenes lejanas.

En la tabla 5 se muestran las precisiones en el espacio objeto cuando se emplearon las imágenes próximas. En las dos primeras pruebas de la tabla las seis imágenes próximas se dividieron en dos conjuntos de tres imágenes cada uno; el conjunto A estaba integrado por las imágenes 1, 3, y 5, y el conjunto B estaba integrado por las imágenes 2, 4, y 6. No es sorprendente el que la tendencia más obvia en la tabla 5 sea un aumento en la precisión del espacio objeto, en función del número de puntos de imagen que se incluyen en el ajuste por haces. Sin embargo, con tan pocos como 5 puntos, las precisiones son comparables a las precisiones típicas de fase de portadora L1 de GPS. Esta precisión alcanzada fue un buen resultado, ya que los receptores de frecuencia única de ese tipo son ampliamente utilizados para la captura de datos para los Sistemas de Información Geográfica. Además, el MMS portátil es capaz de alcanzar esta precisión con una mayor eficacia en la recogida de datos.

Desgraciadamente, los alentadores resultados obtenidos con las imágenes próximas se han visto empañados, en parte, por los desalentadores resultados de las imágenes lejanas. Estos resultados, que se muestran en la tabla 6, indican unas precisiones absolutas en el espacio objeto de nivel métrico. Esta degradación en los resultados de las imágenes lejanas se debe a dos causas:

Geometría pobre en las imágenes – las estaciones en esta prueba fueron casi colineales. Con esta disposición, las posiciones GPS no ayudan significativamente a definir la orientación de la red fotogramétrica. La totalidad de la red es esencialmente libre para girar alrededor del eje formado por las estaciones de exposición, con las únicas restricciones establecidas por los ángulos de inclinación y cabeceo obtenidos con la brújula magnética digital. La pobre geometría de las imágenes también explica el

	Número de puntos de imagen	Estadísticas de las diferencias de coordenadas					
		Horizontal			Vertical		
		Media (m)	Desv. típica (m)	Error medio cuadrático (m)	Media (m)	Desv. típica (m)	Error medio cuadrático (m)
Tres imágenes (Imagen "A")	1	0,42	—	0,42	-0,07	—	0,07
	2	0,14	0,07	0,15	-0,04	0,02	0,04
	5	0,10	0,03	0,10	-0,06	0,02	0,06
	10	0,10	0,02	0,10	-0,06	0,03	0,07
Tres imágenes (Imagen "B")	1	0,04	—	0,04	-0,15	—	0,15
	2	0,12	0,10	0,14	-0,14	0,07	0,15
	5	0,04	0,03	0,05	-0,15	0,03	0,15
	10	0,06	0,03	0,07	-0,16	0,04	0,16
Seis imágenes	1	0,21	—	0,21	-0,11	—	0,11
	2	0,08	0,03	0,08	-0,09	0,05	0,10
	5	0,05	0,01	0,05	-0,11	0,03	0,11
	10	0,05	0,01	0,05	-0,11	0,03	0,11

Tabla 5. Resultados (distancia aproximada de la cámara al punto objeto de 20m)

por qué la precisión de la elevación no mejora al añadir más puntos al ajuste, cosa que no sucede con la precisión horizontal.

· *Mediciones pobres en los puntos de imagen – las imágenes de la cámara se almacenan en formato JPEG.* La compresión "suelta" de las imágenes JPEG ocasionan una pérdida de fidelidad en la imagen. Este problema se agrava obviamente al aumentar la distancia de la cámara al objeto y en algunos puntos, sobre todo los de las sombras, se cree que el error de medición pudo haber sido tan elevado como de dos píxeles (estos puntos se ponderaron en una menor cantidad correspondiente en el ajuste).

La existencia potencial de mediciones pobres de imágenes destaca un problema adicional: el de la detección de errores groseros. Obviamente, al decrecer la redundancia esto se hace progresivamente más difícil en las redes fotogramétricas. Para algunos usuarios del MMS portátil la escasa redundancia suele ser la norma y no la excepción. En estos casos el software de medición de imágenes gráficas puede ayudar tanto en la prevención como en la detección de errores. Por ejemplo, mostrar sobre pantalla las líneas epipolares ayudará a prevenir errores durante la medición de puntos de imagen, en tanto que la proyección de los puntos ajustados en el espacio objeto ayuda en la detección de cualquier medición pobre.

Se puede observar, tanto en las imágenes próximas como en las lejanas, que la media de las diferencias es casi tan grande como el error medio cuadrático. Esto indica que la precisión relativa de los puntos objeto es muy superior a su precisión absoluta. Esto se confirma por las desviaciones estándar de los errores de las coordenadas, lo que indica que el acuerdo interno de las coordenadas en el espacio objeto

es de aproximadamente 5cm en las imágenes próximas y de 10 cm en las lejanas. Se reconoce que las precisiones absolutas son de importancia primaria en la mayoría de las aplicaciones cartográficas y de Sistemas de Información Geográfica, sin embargo las precisiones relativas tienen todavía importancia en los levantamientos catastrales y de ingeniería (los ejemplos incluyen cartografía de servicios a pequeña escala y levantamientos para el cálculo de volúmenes de movimientos de tierras).

5.3. Efecto de observaciones y restricciones adicionales

El objetivo del MMS portátil es obtener coordenadas sin ninguna medición externa, es decir, sin puntos de control. Sin embargo esto no excluye el uso de información adicional que pueda estar disponible, tal como objetos de dimensiones conocidas o geometrías conocidas entre puntos. Este tipo de información, bajo forma de restricciones de distancia, debe de mejorar la escala de las redes fotogramétricas medidas en las imágenes del MMS portátil. De forma semejante, la información bajo forma de restricciones de líneas verticales, o restricciones de cota cero, debe de ayudar con la orientación de la red. Desgraciadamente, los efectos de incluir este tipo de información no siempre son positivos. Así, vemos en las pruebas de la tabla 7 que la información adicional podría tanto degradar como mejorar la solución. Este sorprendente resultado, que se confirmó en otros test, precisa de ulteriores investigaciones.

La tabla 7 demuestra también la obvia mejora, tanto en precisión relativa como en absoluta, que se origina por incluir un punto de control en el ajuste. Un modo potencial de operación del MMS portátil es el mon-

	Número de puntos de imagen	Estadísticas de las diferencias de coordenadas					
		Horizontal			Vertical		
		Media (m)	Desv. típica (m)	Error medio cuadrático (m)	Media (m)	Desv. típica (m)	Error medio cuadrático (m)
Tres imágenes	1	2,57	—	2,57	0,34	—	0,34
	2	1,89	0,24	1,90	0,76	0,44	0,82
	5	0,68	0,14	0,69	0,77	0,12	0,78
	10	0,33	0,11	0,35	0,78	0,08	0,78
	20	0,29	0,09	0,30	0,79	0,06	0,79
	30	0,30	0,08	0,31	0,80	0,06	0,80
Seis imágenes	1	2,85	—	2,85	0,08	—	0,08
	2	2,13	0,37	2,15	0,58	0,49	0,68
	5	0,68	0,12	0,69	0,58	0,12	0,59
	10	0,37	0,09	0,38	0,58	0,09	0,59
	20	0,32	0,07	0,32	0,59	0,07	0,59
	30	0,31	0,06	0,31	0,59	0,06	0,59

Tabla 6. Resultados (distancia aproximada de la cámara al punto objeto de 40m)

Tipo de información añadida	Estadísticas de las diferencias de coordenadas					
	Horizontal			Vertical		
	Media (m)	Desv. típica (m)	Error medio cuadrático (m)	Media (m)	Desv. típica (m)	Error medio cuadrático (m)
Ninguna	0,33	0,12	0,33	0,78	0,08	0,78
Distancia Horizontal	0,42	0,12	0,44	0,75	0,06	0,76
Distancia Vertical	0,29	0,11	0,31	0,76	0,06	0,76
Restricciones de altitud	0,30	0,08	0,31	0,44	0,05	0,44
Un punto de control	0,12	0,07	0,14	0,28	0,04	0,29

Tabla 7. El efecto de incluir observaciones de control o de red (3 imágenes, 10 puntos de imagen, imágenes lejanas)

tarlo o instalarlo sobre un jalón de topografía. En este caso, y empleando el GPS, el MMS puede emplearse para establecer puntos de control en una zona. Estos puntos, a su vez, podrían utilizarse en el ajuste para mejorar la precisión absoluta. En otras palabras, un usuario estacionaría en los puntos con el MMS instalado sobre un jalón y luego incluiría en el ajuste esos puntos de GPS, siempre y cuando dichos puntos aparecieran sobre las imágenes.

6. SOFTWARE PARA FOTOGRAMETRÍA DE OBJETO CERCANO

Para que el MMS portátil alcance su meta de conseguir llevar la cartografía móvil hacia un mercado más amplio, es esencial disponer de un software "agradable" y fácil de manejar por el usuario. En consecuencia, se está desarrollando un software de este tipo a la vez que se está desarrollando el MMS portátil. Una vez concluido, el paquete de software será capaz de procesar datos de navegación, manipular las imágenes, calcular las coordenadas cartográficas tridimensionales de elementos visibles sobre las imágenes y exportar toda la información a la base de datos. Conceptualmente, el software es semejante a los paquetes de programas integrados de fotogrametría de objeto cercano, tales como el descrito por Fraser y Edmunson (2000). La finalidad del software es también la misma que la del de Fraser y Edmunson, es decir, poner al alcance de usuarios no muy especializados una herramienta fotogramétrica rigurosa. Con esa finalidad, el desarrollo del software ha seguido dos direcciones. La primera es el desarrollo de algoritmos que implementen los principios fotogramétricos, es decir, un ajuste por haces autocalibrado. Para mejorar la flexibilidad se ha diseñado el ajuste por haces, para poder incorporar observaciones en la red terrestre, bien de forma separada o en combinación con observaciones fotogramétricas. La segunda línea de desarrollo es la implementación de una interfase de usuario estable y agradable. En la figura 5 se muestran pantallas de esta interfase.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los resultados presentados en este artículo han mostrado que un MMS portátil, construido con elementos que se pueden adquirir fácilmente, puede alcanzar precisiones absolutas en el espacio objeto comparables a las de las técnicas actuales de adquisición de datos para Sistemas de Información Geográfica. Más aún, el acuerdo interno, o sea las precisiones relativas de los puntos en el espacio objeto, es incluso mejor. Usan-

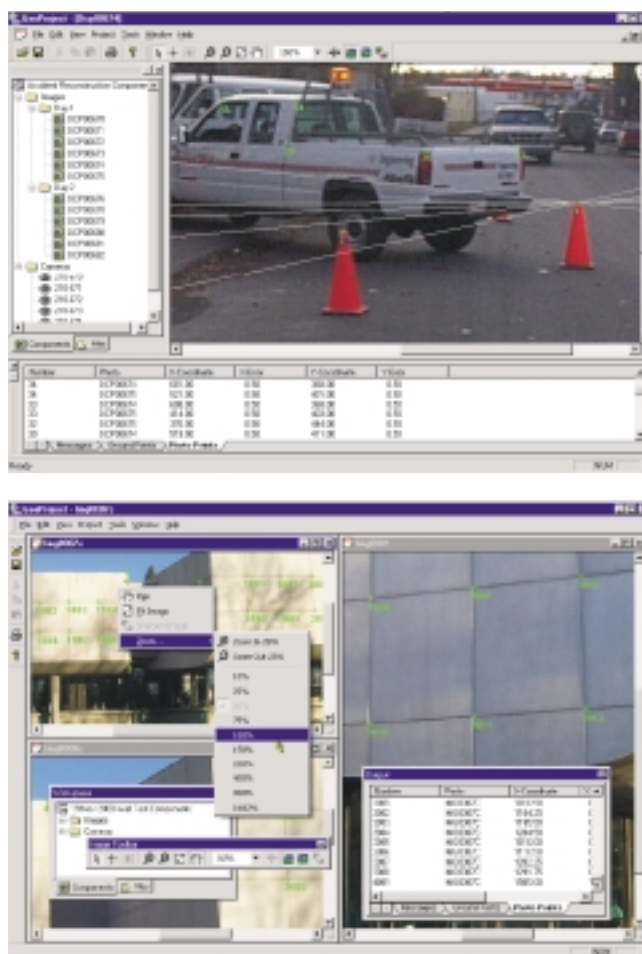


Figura 5. Software de fotogrametría de objeto cercano

do tres imágenes, a una distancia del objeto a la cámara de 20 m, se pueden alcanzar precisiones absolutas inferiores a los 25 cm y el acuerdo interno de los puntos levantados empleando este sistema es inferior a los 10 cm. Con una calibración más rigurosa de la brújula magnética digital y del sistema integrado es probable que se alcancen resultados aun mejores.

8. AGRADECIMIENTOS

Los fondos económicos para esta investigación han sido aportados por Premier GPS. Los autores también están agradecidos a Waypoint Consulting por hacerles accesible su software de proceso de GPS Grafnav y a Quentin Ladetto, los van Seeters y Leica Technologies Inc. por su ayuda con la brújula magnética digital. Finalmente, se agradece al Dr. Mike Chapman y al Dr. Derek Lichti que hayan aportado su programa FEMBUN de ajuste por haces autocalibrado, que se empleó a efectos de comparación con el propio software del autor.

9. REFERENCIAS

- Bossler, J.D. y Novak, K. 1993. *Mobile Mapping Systems: New Tools for the Fast Collection of GIS Information*. In Proceedings of GIS 93. Ottawa, Canada. March 23-35. pp. 306-315.
- Caruso, M.J. 2000. *Applications of Magnetic Sensors for Low Cost Compass Systems*. In Proceedings of IEEE Positioning, Location, and Navigation Symposium (PLANS) 2000. San Diego. March 13-16. pp. 177-184.
- Cooper, M.A.R. y Robson, S. 1996. *Theory of Close Range Photogrammetry*. In *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Ed. K.B. Atkinson. J.W. Arrow-smith. Bristol. pp. 9-50.
- El-Sheimy, N. 1996. *A Mobile Multi-Sensor System for GIS Applications in Urban Centers*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI. Part B. Proceedings of the XVIII ISPRS Congress. Vienna. pp. 95-100.
- Ellum C.M. y El-Sheimy, N.. 2001. *Land-Based Integrated Systems for Mapping and GIS Applications*. Proceedings of Italy - Canada 2001 Workshop on 3D Digital Imaging and Modelling. Padova, Italy. April 3-4.
- Fraser, C.S. and K.L. Edmundson. 2000. *Design and Implementation of a Computational Processing System for Off-Line Digital Close-Range Photogrammetry*. IS-PRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 55. pp. 94-104.
- Geological Survey of Canada (GSC). 2000. *Magnetic Declination*. Website. URL: <http://www.geolab.emr.ca/geomag/emagdec.html>. GSC National Geomagnetism Program. Site Accessed 31 Oct. 2000.
- Li, R. 1997. *Mobile Mapping: An Emerging Technology for Spatial Data Acquisition*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (PE&RS). Vol. 63. No. 9. pp.1085-1092
- Leica. 1999. *DMC-SX Performance Specifications*. Leica Product Literature.
- Mikhail, E.M. 1976. *Observations and Least Squares*. Harper and Row. New York.
- Mostafa, M.M.R y Schwarz, K.P. 1999. *An Autonomous Multi-Sensor System for Airborne Digital Image Capture and Georeferencing*. In Proceedings of ASPRS Annual Convention. Portland, Oregon. May 17-21. pp. 976-987.
- Toth, C. y Grejner-Brzezinska, D.A. 1998. *Performance Analysis of the Airborne Integrated Mapping System (AIMS TM)*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXII. Proceedings of ISPRS Commission II Symposium. Cambridge, U.K. July 13-17. pp. 320-326.

NOTA BIOGRÁFICA

El Dr. Naser El-Sheimy es profesor ayudante del Departamento de Ingeniería Geomática de la Universidad de Calgary. Tiene un B.Sc. y un M.Sc. de Egipto y dos diplomas de postgrado en Fotogrametría y Teledetección del I.T.C. (Holanda) y un Ph.D. de la Universidad de Calgary. El área en la que es experto es la de integración de diversos sensores GPS/ INS y de imágenes para aplicaciones cartográficas y de Sistemas de Información Geográfica, con especial énfasis en el uso de varios sensores en los sistemas de cartografía móvil (MMS). En la actualidad es presidente del grupo especial de estudios sobre Sistemas Multisensores Móviles de la Asociación Internacional de Geodesia y presidente del grupo de trabajo C5.3 sobre Sistemas de Posicionamiento Cinemáticos e Integrados de la FIG.

Cameron Ellum está en la actualidad concluyendo su M.Sc. en el Departamento de Ingeniería Geomática de la Universidad de Calgary. Investiga en el campo de los Sistemas de Cartografía Móvil y en la integración de multisensores. Su experiencia de trabajos incluye levantamientos topográficos en campos petrolíferos en Alberta. También ha trabajado en el Departamento de Topografía y Cartografía de una gran empresa multinacional de oleoductos. ■

Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Politécnica Superior de Ávila (Universidad de Salamanca)

1. HISTORIA

La historia de la Escuela Politécnica Superior de Ávila, integrada dentro de la Universidad de Salamanca, comienza con la creación de la **Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica de Ávila** por Real Decreto 1475/1991, de 27 de septiembre (B.O.E. de 12 de Octubre de 1991). Se comienza a impartir docencia, ese mismo mes de octubre de 1991, de las asignaturas correspondientes al primer curso del primer Plan de Estudios de esta Escuela, por aquel entonces aún provisional. Dicho Plan se aprobó por Resolución de la Universidad de Salamanca de 23 de noviembre de 1992 (B.O.E. de 7 de Enero de 1993). Actualmente, en la Titulación de *Ingeniería Técnica en Topografía* está vigente el Plan de Estudios publicado por Resolución de 19 de noviembre de 2001, de la Universidad de Salamanca (B.O.E. de 5 de Diciembre de 2001).

En 1995 el Consejo de Universidades aprueba la propuesta de la Junta de Gobierno de la Universidad de Salamanca de crear los estudios de *Ingeniero Técnico en Obras Públicas, especialidad en Hidrología*, comenzando a impartirse en el curso 1995-1996 y convirtiéndose el Centro en **Escuela Universitaria Politécnica de Ávila**.

En reunión extraordinaria del Consejo de Universidades celebrada en agosto de 1997 se aprueba, para esta Escuela, la creación de los estudios de *Ingeniero en Geodesia y Cartografía* y los de *Ingeniero Técnico de Minas, especialidad en Sondeos y Prospecciones Mineras*. Estos estudios comienzan su andadura en el curso 1998-1999.

Debido a la incorporación de los estudios de *Ingeniero en Geodesia y Cartografía*, la Junta de Gobierno de la Universidad de Salamanca, con fecha 28 de mayo de 1998, aprobó el cambio de denominación de la Escuela Universitaria Politécnica de Ávila por **Escuela Politécnica Superior de Ávila**.

También se imparte en el centro el Programa de Doctorado "Ciencia y Tecnología de la Ingeniería Geodésica y Cartográfica", perteneciente al Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno, en colaboración

con la Universidad de Alcalá de Henares, la Universidad de Cantabria, la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad Politécnica de Valencia.

A pesar de la corta vida del Centro, los esfuerzos de los distintos equipos directivos que se han sucedido en el tiempo, de la totalidad de sus profesorado y de la Universidad de Salamanca han sido fructíferos y hoy en día podemos decir que la Escuela cuenta con los recursos humanos y materiales suficientes para llevar a buen término la consolidación de los estudios que se imparten en este Centro.

2. LA INGENIERÍA TÉCNICA EN TOPOGRAFÍA

La docencia en la titulación de Ingeniería Técnica en Topografía se reparte entre los siguientes Departamentos y Áreas de la Universidad de Salamanca:

- Departamento de Estadística, Área de Estadística e Investigación Operativa.
- Departamento de Física Aplicada, Área de Óptica.
- Departamento de Geología, Área de Geodinámica Externa.
- Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno, Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría.
- Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, Área de Organización de Empresas
- Departamento de Construcción y Agronomía, Área de Ingeniería de la Construcción.

De todos los departamentos citados, corresponde al Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno, en el área comentada, la mayor carga docente de la titulación.

El plan vigente, como ya se ha comentado aprobado en el año 2001, se encuentra en el segundo año de su implantación, por lo que en el presente curso todavía sigue vigente la docencia correspondiente al plan anterior (1996) en el tercer curso de la titulación.



El nuevo plan consta de un total de 225 créditos, distribuidos de la siguiente forma:

La distribución por asignaturas es la que se muestra en la tabla 1.

Curso	Materias troncales	Materias obligatorias	Materias optativas	Créditos libre conf.	Trabajo fin de carrera	Totales
1º	51	12	—	12	—	75
2º	43,5	25,5	—	6	—	75
3º	36	25,5	4,5	4,5	4,5	75

Año Académico	Total	Teóricos	Prácticos
Primero	63	37,5	25,5
Segundo	69	40,5	28,5
Tercero	70,5	36	34,5

Libre Elección	22,5
----------------	------

3. LABORATORIOS

En lo que se refiere a los diferentes laboratorios para efectuar las prácticas, hay que decir que, debido a la incorporación de las últimas titulaciones, se está en un proceso de ampliación o dotación de algunos de ellos, aunque en lo que se refiere a la docencia en Topografía se encuentra totalmente cubierto, con una completa gama de material.

Para la docencia de prácticas de informática, en sus diferentes variantes (CAD, SIG, Teledetección, etc.), se dispone de dos aulas, una con veinticuatro ordenadores y otra con quince, recientemente actualizadas en lo que a equipos se refiere, en los que se encuentran instalados todo el software necesario para realizar las prácticas de las diferentes asignaturas.

Además de estas dos aulas, se dispone de otra de Proyectos con seis ordenadores, dedicada a que los alumnos realicen sus Proyectos Fin de Ca-

Curso	Descripción de la asignatura	Clase	Créditos	Área que la imparte
1º	Cartografía Básica	Troncal	7,5(6+1,5)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
1º	Expresión Gráfica	Troncal	10,5(7,5+3)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
1º	Fundamentos Físico de la Ingeniería	Troncal	7,5(4,5+3)	Óptica
1º	Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería	Troncal	7,5(4,5+3)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
1º	Geomorfología	Troncal	6(3+3)	Geodinámica
1º	Topografía I	Troncal	12(6+6)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
1º	Fotogrametría I	Obligatoria	6(4,5+1,5)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
1º	Informática Aplicada a la Topografía	Obligatoria	6(1,5+4,5)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
2º	Estadística y Ajuste de Observaciones	Troncal	9(6+3)	Estadística e Inv. Op.
2º	Fotogrametría II	Troncal	7,5(6+1,5)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
2º	Geofísica	Troncal	4,5(3+1,5)	Geodinámica
2º	Técnicas Cartográficas	Troncal	9(6+3)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
2º	Topografía II	Troncal	13,5(6+7,5)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
2º	Diseño Cartográfico	Obligatoria	9(3+6)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
2º	Ingeniería Civil	Obligatoria	4,5(3+1,5)	Ingeniería de la Construc.
2º	Matemáticas Aplicada	Obligatoria	7,5(4,5+3)	Matemáticas Aplicada
2º	Procesado Dig. de Imágenes	Obligatoria	4,5(3+1,5)	Óptica
3º	Astronomía y Geodesia	Troncal	9(4,5+4,5)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
3º	Catastro, Legisl. y Territorio	Troncal	10,5(7,5+3)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
3º	Fotogrametría III	Troncal	7,5(4,5+3)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
3º	Topografía Aplicada a la Ing.	Troncal	9(6+3)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
3º	Geodesia Espacial	Obligatoria	4,5(3+1,5)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
3º	Oficina Técnica	Obligatoria	4,5(3+1,5)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
3º	Prácticas de Campo	Obligatoria	9(0+9)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
3º	Proyecto Fin de Carrera	Obligatoria	4,5(0+4,5)	Todas las Areas de la Carrera
3º	Sistemas de Inf. Geográficos	Obligatoria	7,5(4,5+3)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
3º	Ecosistemas Geográficos	Optativa	4,5(3+1,5)	Geografía Física
3º	Gestión de Empresas	Optativa	4,5(3+1,5)	Organización de Empresas
3º	Levantamiento y Replanteos con G.P.S.	Optativa	4,5(3+1,5)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.
3º	Teledetección Aplicada	Optativa	4,5(3+1,5)	Ing. Cart., Geod. y Fotog.

Tabla 1



rrera, disponiendo de escáner, impresoras y plotters, para cubrir todas sus necesidades.

Para la docencia de la Fotogrametría existen dos laboratorios, uno en el cual se encuentran instalados los estereóscopos de espejos y se realizan las primeras prácticas de la especialidad y otro con los diferentes equipos de restitución, entre los que se encuentran dos estaciones digitales de reciente incorporación, y dotado además de quince ordenadores, utilizados tanto para la docencia como para la realización de Proyectos Fin de Carrera.

Además de estos laboratorios específicos para la docencia en Topografía, como ya se ha comentado existen otros laboratorios utilizados en la docencia de otras titulaciones, como el de hidráulica o geotecnia (en construcción), y que pueden ser utilizados en ocasiones para ilustrar procedimientos no tan específicos de la Topografía o en asignaturas de libre elección.

Hay que decir que la incorporación de la titulación de Ingeniero en Geodesia y Cartografía ha supuesto una mejora en la equipación que ha favorecido también la docencia en la titulación de Ingeniero Técnico en Topografía.

Por otro lado, se dispone de toda una gama completa de equipos topográficos (estaciones totales, GPS, etc.), utilizados en las correspondientes prácticas.

Para acabar, hacer mención a la inminente puesta en marcha de un nuevo campus (ya hecha la urbanización y próxima la construcción de los correspondientes edificios), que supondrá una mejora en las instalaciones, ampliando las posibilidades docentes de la Escuela Politécnica Superior de Ávila. ■

" LA TIENDA VERDE "

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

" LIBRERIA ESPECIALIZADA EN CARTOGRAFIA, VIAJES Y NATURALEZA "

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

" VENTA DIRECTA Y POR CORRESPONDENCIA "
" SOLICITE CATALOGO "

Novedades Técnicas

NUEVOS LÁSERES RESISTENTES PARA TUBERÍAS DG 711 Y DG511 DE SPECTRA PRECISION

El pasado mes de octubre fueron lanzados al mercado los nuevos láseres para tuberías DG711 y DG511 de Spectra Precision, que presentan un diseño resistente y diversas funciones técnicas únicas.

Estos láseres para tuberías son resistentes a la corrosión producida por ácidos, productos químicos, sales y otros elementos perjudiciales que se pueden encontrar bajo tierra, así como también al abuso físico tan característico en la industria de la construcción.

Fabricados para un rendimiento de larga duración y fiabilidad, los láseres para tuberías DG711 y DG511 de Trimble son totalmente impermeables y están diseñados para garantizar una limpieza fácil. También resultan fáciles de instalar, con una amplia serie de accesorios de montaje disponibles, y fáciles de utilizar con controles directos, para los que no se necesitan instrucciones. Además, mediante la característica *Alerta de Servicio* (mantenimiento), mantienen el registro de su propio mantenimiento, indicando a intervalos preconfigurados el momento en que se necesita realizar un control de los mismos.

Las siguientes son características adicionales del producto:

Autonivelación: Los láseres DG711 y DG511 cuentan con el alcance de autonivelación automática más amplio de la industria, lo que se traduce en instalaciones rápidas y fáciles sin tener en cuenta la pendiente. A diferencia de los láseres para tuberías tradicionales, eliminan la necesidad de una nivelación aproximada y reducen la cantidad de personal capacitado requerido. Sencillamente, se instala el láser en la tubería, boca de acceso o foso abierto; no haciendo falta hacer girar ni nivelar de forma aproximada la unidad.

Alerta de línea: Esta característica única es ideal en condiciones húmedas o con muchas vibraciones, donde los láseres para tuberías pueden moverse. El rayo destella para indicar que se ha movido la línea de instalación, eliminando así la necesidad de tener que repetir el trabajo. Al combinarla con la advertencia de autonivelación, esta característica permite concluir los trabajos de forma correcta, puntualmente y con el presupuesto estipulado.



Configuración de línea: La capacidad Conf/Comp línea del láser para tuberías permite subir el rayo fuera del foso para una rápida configuración y comprobación de la línea. Al subir el rayo láser fuera del foso hasta una estaca sobre el suelo, se elimina la necesidad de tener que mover la excavadora fuera de la línea durante la instalación del láser para tuberías. Además, esta característica es ideal para volver a comprobar la línea, cuando se instala en la tubería utilizando un gato, después de cada vez que se lo empuja.

Pat Bohle, Vicepresidente de la División de Instrumentos para la Construcción para la División de Ingeniería y Construcción de Trimble, ha dicho: "Como el fabricante original de láseres para la construcción nivelados electrónicamente, Trimble está dedicado a proporcionar a sus clientes herramientas que no sólo hagan que el trabajo sea más seguro y fácil, sino también que sean lo suficientemente fuertes para resistir las condiciones de trabajo más duras típicas de la obra... Nuestros nuevos láseres para tuberías DG711 y DG511 satisfacen ambos requerimientos, mejorando la productividad y resistiendo elementos destructivos y un uso riguroso".

Para obtener más información sobre este producto visitar la página web de Trimble en <http://www.trimble.com>, o contactar con Trimble Ibérica, Vía de las Dos Castillas, 33, ATICA Edificio 6, Despacho B-2, 28224 Pozuelo de Alarcón, Madrid, Tel. +34 91 351 01 00.

TRIMBLE CARGA CON TODO EL PESO EN LA ANTÁRTIDA



Los científicos de la Antártida están dejando a la intemperie la tecnología GPS de Trimble. El British Antarctic Survey (BAS) utiliza las herramientas de Trimble más avanzadas y precisas para medir el movimiento del *Brunt Ice Shelf*. Los receptores postprocesadores 5700 y la antena Zephyr Geodetic de Trimble han sido elegidos debido a su capacidad de funcionar en condiciones extremas. La investigación que se está llevando a cabo es crucial para el modelado del clima mundial y la simulación de las tendencias futuras en todo el mundo.

La meseta polar Brunt es una gran capa de hielo que flota en el mar pero que está unida a la costa. Tiene aproximadamente 200 m de espesor y cubre una área de más de 7.500 km². La meseta polar sube y baja con la marea y también avanza a una velocidad media de 2 m diarios. Los receptores Trimble se utilizan en pares para medir los cambios en las líneas de base establecidas en la meseta de hielo.

La representación del movimiento glacial es crucial para controlar los efectos del cambio climático en la Antártida. Los mantos de hielo que cubren el continente contienen el 80% del agua potable del mundo y una fusión a gran escala, agravada por el efecto invernadero, podría provocar drásticas subidas del nivel del mar. Por sí solo el manto de hielo de la Antártida occidental contiene agua suficiente para elevar el nivel del mar 5 metros. La importancia del trabajo de BAS se explica por sí misma.

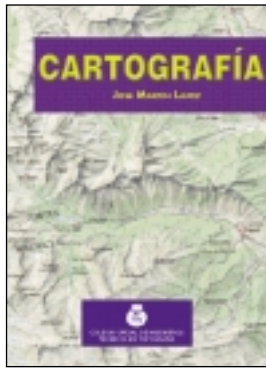
Es imperativo que el equipamiento utilizado por los científicos sea prácticamente perfecto y las duras condiciones de la Antártida exigen niveles muy elevados de durabilidad. El Dr. Christopher Doake, glaciólogo de BAS, afirma: "Hemos utilizado los receptores Trimble durante varios años y estamos muy satisfechos con su rendimiento. Elegimos el 5700 en una licitación competitiva, pues era ideal para satisfacer nuestros requerimientos".

Una de las principales preocupaciones era la categoría ambiental de la unidad, puesto que la Antártida es el continente más alto, más frío y más ventoso. Sin embargo, el receptor puede funcionar a temperaturas de -45°C, es completamente impermeable e incluso flota; también ha sido sometido a implacables ensayos por caída, para asegurarse de su durabilidad. La batería de alimentación de la unidad también fue probada y demostró tener un consumo extremadamente bajo y aceptar pilas internas muy pequeñas. Tiene una capacidad enorme de almacenamiento de datos, gracias al uso de fichas de registro extraíbles, y con una excelente antena como la Zephyr Geodetic de Trimble puede rastrear en latitudes extremadamente bajas.

La exactitud es esencial y la antena Zephyr Geodetic es ideal para las aplicaciones GPS de precisión. Esta herramienta revolucionaria literalmente quema energía por trayectos múltiples mediante el uso de una tecnología similar a la utilizada por Stealth Aircraft. Con repetibilidad de centro de fase submilimétrica, un mejor seguimiento en elevación y una reducción significativa de las ondas reflejadas en el suelo por trayectos múltiples, Trimble la considera la antena portátil más precisa que haya existido nunca.

El cambio climático mundial es el fenómeno más importante del siglo XXI y es algo que afecta a todos y cada uno de nosotros. El resultado de una atmósfera en calentamiento sobre el volumen y la estabilidad del manto glacial antártico podría tener serias consecuencias sobre los niveles del mar y las corrientes oceánicas. Los estudios sobre el manto de hielo y su contribución a la elevación del nivel del mar son cruciales para nuestra comprensión del cambio climático. Al elegir los receptores postprocesadores GPS 5700 de Trimble y las antenas Zephyr Geodetic, BAS ha elegido unas de las herramientas más precisas y fiables para la más vital de las tareas.

Libros Técnicos



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

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



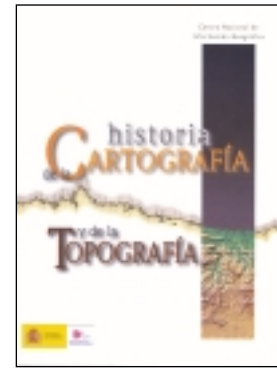
Título: **Las series del mapa topográfico de España a Escala 1:50.000**
Autores: Luis Urteaga y Francesc Nadal

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



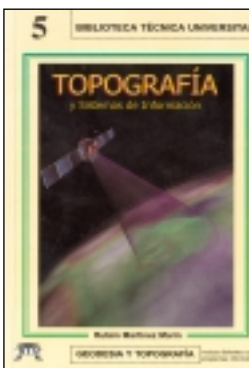
Título: **Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital**
Autor: José Luis Lerma García

37,90 € Ref. 5006



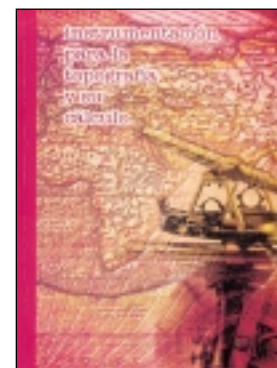
Título: **Redes Topométricas**
Autor: Juan Pedro Carpio Hernández

22,83 € Ref. 6008



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

18,10 € Ref.: 6006



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

26,75 € (+CD por 33,70 €)
Ref. 7001



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

10,20 € Ref.: 5001



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

11,20 € Ref.: 5003



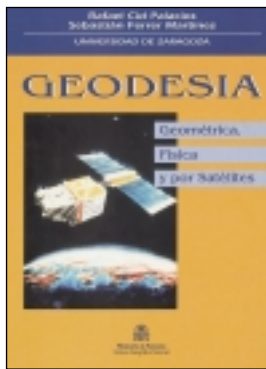
Título: **Problemas de Fotogrametría III**
Autor: José Lerma García

8,60 € Ref.: 5002



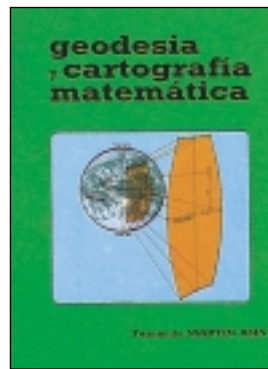
Título: **Aerotriangulación: Cálculo y Compensación de un bloque fotogramétrico**
Autor: José Lerma García

23 € Ref.: 5004



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

24,10 € Ref.: 030



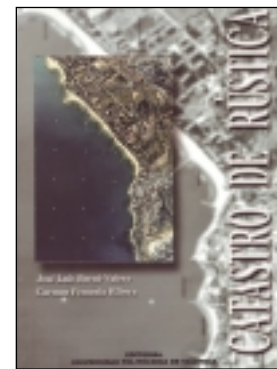
Título: **Geodesia y Cartografía Matemática**
Autor: Fernando Martín Asín

32 € Ref. 205



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

18 € Ref.: 6007



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

25,25 € Ref. 5005



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

12,10 € Ref. 801



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

24,10 € Ref. 802



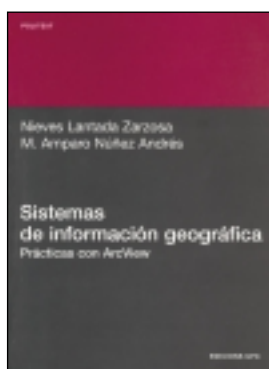
Título: **Fundamentos Teóricos de los Métodos Topográficos**
 Autor: **Alonso Sánchez Ríos**

15,70 € Ref. 6002



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

15,70 € Ref. 6003



Título: **Sistemas de Información Geográfica Prácticas con ArcView**
 Autores: **N. Lantada Zarzosa y M. A. Núñez Andrés**

19,00 € Ref. 803



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

42,10 € (36,10 € coleg.) Ref. 2001



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

51,10 € (42,10 € coleg.) Ref. 2002



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

36,10 € (30,10 € coleg.) Ref. 2003

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



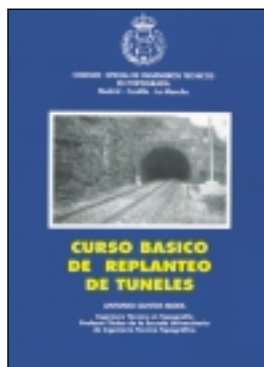
Título: **Topografía y Replanteo de Obras de Ingeniería**
 Autor: **Antonio Santos Mora**

33,10 € Ref. 301



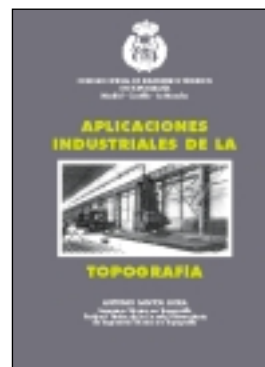
Título: **Replanteo y control de presas de embalse**
 Autor: **Antonio Santos Mora**

12,10 € Ref. 302



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

9,10 € Ref. 303



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

19,25 € Ref. 305

Boletín de Pedido a la Revista **TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA**

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

N.º Ref.	Cantidad	Título	Precio unitario	Total

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

Nombre

Dirección Tel.

Ciudad..... Provincia C.P.

Forma de pago: talón nominativo giro transferencia

Remitir justificante de giro o transferencia.

NOTA: Estos precios son con IVA incluido.

Bibliografía

Atlas Nacional de España

El Medio Físico 2

IGN

Madrid, 2002

225 págs. 35,36 € (IVA incluido)

Edición en CD-ROM

El Medio Físico 1

23,20 € (IVA incluido)

El Medio Físico 2

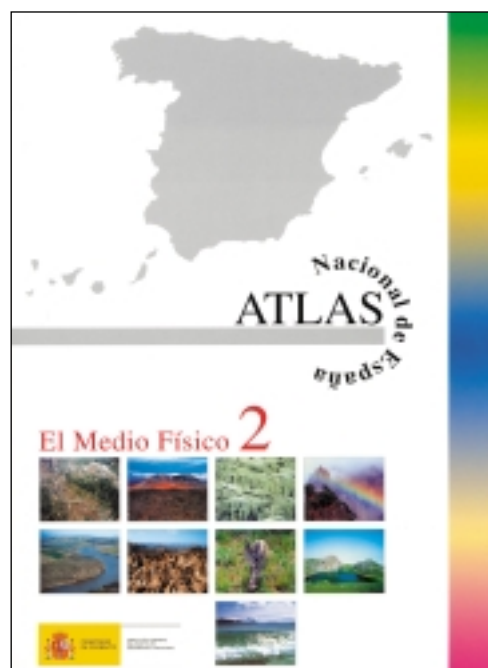
17,40 € (IVA incluido)

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, en dos tomos y formato medio, el tema El Medio Físico de dicho Atlas Nacional de España, estando ya a la venta el primero de ellos, dedicado a la cartografía del territorio nacional, y que reseñamos en estas páginas en el momento de su aparición (TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA, Vol. XVIII nº 103, marzo-abril 2001), y lanzando ahora al mercado el segundo tomo.

Los temas tratados en este segundo tomo son: Imagen y Paisaje; Geofísica; Geología y Relieve; Climatología; Hidrología; Edafología; Biogeografía, Flora y Fauna; Espacios Naturales Protegidos y Reservas de la Biosfera; y El Medio Marino. Cada uno de estos temas ha sido desarrollado por una o varias autoridades en la materia e ilustrado por una muy buena colección de mapas temáticos a diversas escalas, yendo el texto acompañado de gráficos y fotografías que facilitan su comprensión.

Los colaboradores de este tomo han sido: D. José Sancho Comins (U. Alcalá de Henares) y D. Vicente Gabaldón López (ITGE) en el tema Imagen y Paisaje; D. Emilio Carreño Herrero, D. Julio Mezcuza Rodríguez, D. José Manuel Martínez Solares, D. Ángel Gil Alonso, D. Gregorio Pascual Santamaría, D. Juan José Rueda Sánchez, D. Javier Merino del Río y Dña. Isabel Socías Gil-Montaner, todos ellos del IGN, y D. Eumenio Ancochea Soto y D. Francisco Anguita Virella de la UCM, en el tema Geofísica; D. Vicente Gabaldón López, D. Félix Bellido Mulas y D. Luis Roberto Rodríguez Fernández, del ITGE, y Dña. Leticia Vega Martín, D. Javier de la Villa Alvarez y D. José María Zapardiel Palenzuela



de la DG de Minas y de la Construcción, en el tema Geología y Relieve; D. Carlos Almarza Mata (INM) en el tema Climatología; D. Ángel Martín-Serrano García (ITGE) y D. Vicente Gómez Miguel (UPM) en el tema Edafología; D. Emillio Blanco Castro, D. José Luis González, D. Rafael Hidalgo Martín (DGCN) y Dña. Magdalena Bernué Sánchez (DGCN) en el tema Biogeografía, Flora y Fauna; D. Ramón Villaescusa Sanz, D. Roberto Vallejo Bombin, D. Antonio Fernández de Tejada y D. Cosme Morillo, todos ellos de la DG de Conservación de la Naturaleza, y D. Ignacio Ballarín Iribarren y D. Xavier Arana Eiguren, ambos del Comité Reservas de la Biosfera, en el tema Espacios Naturales Protegidos y Reservas de la Biosfera; D. Carlos Palomo Pedraza, D. Julián Gómez Gallego, D. Jerónimo Corral Estrada, D. Juan Acosta Yepes y D. Pedro Herranz Cano, todos ellos del Instituto Español de Oceanografía, y D. Carlos Peña Martínez, del Ministerio de Medio Ambiente, en el tema El Medio Marino.

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.

La edición es de gran calidad, permitiendo la lectura cómoda de los mapas gracias al gran acierto en la elección de las fuentes y tipos de la rotulación y de la gama de tintas hipsométricas elegida que, en contra de lo que se estila actualmente, no empasta la información sino que, como debe ser, la realza y completa.

Coincidiendo con la aparición de este segundo tomo de *El Medio Físico* del Atlas Nacional de España, se ha puesto a la venta la edición en CD-ROM, uno por tomo, al precio de 23,30 € el primero y 17,40 € el segundo.



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS EN TOPOGRAFÍA

II Premio «San Isidoro» a Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica

El Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía convoca el Segundo 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 2002 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 1 de febrero de 2003, 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 de 2003.

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 2003 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 sean necesarias para dicho fin.

II PREMIO "SAN ISIDORO" PARA PROYECTOS FIN DE CARRERA DE INGENIERÍA TÉCNICA TOPOGRÁFICA

Al Jurado del Premio
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía

Nombre del autor o autores



Título del Proyecto Fin de Carrera

Escuela en la que se ha presentado y Universidad

Fecha _____

Tutor / es _____

Solicitante _____

Domicilio _____

Ciudad _____ Teléfono _____

En _____, a _____ de _____ de _____

Fdo.: _____

Vida Profesional

I JORNADAS DE TRABAJO SOBRE LA FOTOGRAMETRÍA EN LAS TITULACIONES DE INGENIERÍA TÉCNICA TOPOGRÁFICA E INGENIERÍA EN GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

Los pasados días 19 y 20 de septiembre se celebraron en Valencia las I Jornadas de Trabajo sobre Fotogrametría en las Titulaciones de Ingeniería Técnica Topográfica e Ingeniería en Geodesia y Cartografía, organizadas por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica y el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, ambos de la Universidad Politécnica de Valencia.

El objeto de las jornadas era establecer un foro de encuentro e intercambio de experiencias entre los distintos especialistas que imparten docencia fotogramétrica en las Escuelas Técnicas y Superiores

afines. Asimismo, se pretendía abordar los contenidos y temarios impartidos en las distintas asignaturas y escuelas, analizar las problemáticas docentes e investigadoras y sentar las bases de trabajo de futuras reuniones.

Se celebraron dos sesiones de trabajo con un claro matiz docente, de forma que cada una de las Escuelas presentes (E.P.S. de Ávila, C.U. de Mérida, E.P. de Cáceres, E.U.I.T.T. de Madrid, E.U.P. de Barcelona, E.U.I.T. Industrial e I.T. Topográfica de Vitoria-Gasteiz, E.U.P. de Las Palmas de Gran Canaria y la E.T.S. de I. Geodésica, Cartográfica y Topográfica de Valencia) dispusiera del tiempo necesario para exponer a la mesa las





Visita a la Ciudad de Las Artes y de Las Ciencias de Valencia

asignaturas impartidas, temarios, medios humanos y materiales de laboratorio con los que cuenta, líneas de investigación, metodología docente, resultados académicos, etc. Después de cada una de las sesiones se abrieron mesas redondas en donde se perfilaron las conclusiones finales de la Jornada. El profesorado asistente manifestó la necesidad de actualizar temarios, de adaptar las prácticas a las necesidades de mercado y de instruir en los últimos avances científico-técnicos a los alumnos. La docencia de la fotogrametría tradicional debe quedar relegada a un plano introductorio, dando paso a la nueva era: la Fotogrametría Digital.

Las avivadas e interesantes charlas no se quedaron en el entorno formal de la mesa de reuniones, sino que acompañaron a los asistentes allá

donde iban, pues se visitaron las instalaciones de la E. T. S. I. Geodésica, Cartográfica y Topográfica, del Departamento de Ingeniería Cartográfica de la U.P.V. y del Instituto Cartográfico Valenciano. También se organizó una visita a la Ciudad de las Artes y de las Ciencias.

La clausura de las jornadas finalizó con el compromiso de realizar futuras jornadas de trabajo, a fin de profundizar, discutir y consensuar problemas fotogramétricos de distinta índole. El relevo lo tomó la EUITT Topográfica de Madrid, que se comprometió a organizar las II Jornadas. Desde aquí les deseamos el mayor éxito y animamos a todos aquellos involucrados en la Fotogrametría a participar en ellas, ya que el futuro docente e investigador está, en gran medida, en nuestras manos.

II CENTENARIO DE LA MUERTE DE TOMÁS LÓPEZ

Con motivo de haberse cumplido en 2002 doscientos años de la muerte de Tomás López, geógrafo de S.M. Carlos III, la Asociación de Amigos de la Cartografía de Madrid, en colaboración con la Fundación Madrid Nuevo Siglo, la Fundación Caja Madrid, la Biblioteca Nacional, el Instituto Geográfico Nacional, la Gerencia Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Madrid, la Delegación en Madrid del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, la Fundación Villa y Corte, el Instituto de Estudios Madrileños, Caja Duero y Abella y Asociados, ha organizado un ciclo de conferencias conmemorativo.



De izquierda a derecha, D. Alfonso Mora Palazón, D. Gonzalo Anes y Álvarez de Castrillón, D. Rafael Spottorno Díaz Cano y D. Miguel Molina Campuzano

La conferencia inaugural, que se celebró, en el salón de actos de la Fundación Caja Madrid, en Madrid el pasado 11 de diciembre, estuvo a cargo de Excmo. Sr. D. Gonzalo Anes y Álvarez de Castrillón, Director de la Real Academia de la Historia, institución de la que fue académico Tomás López, y con el título *Glosa de Tomás López* consistió en una introducción a la persona y obra de tan popular cartógrafo.

A continuación D. Rafael Spottorno Díaz Caro, Presidente de la Fundación Caja Madrid, presentó la tan esperada reedición del libro *Los Planos de Madrid de los Siglos XVII y XVIII* de D. Miguel Molina Campuzano, realizada por dicha Fundación, tomando posteriormente la palabra el autor para agradecer esta reedición de su libro, que para muchos pasa por ser la biblia de la cartografía histórica de Madrid.

Este ciclo de conferencias se prolongará hasta el mes de abril con el siguiente programa:

- 13 de enero (salón de actos del IGN): *Tomás López, Geógrafo de S.M.* por Dña. M^o Teresa Fernández Talaya (Fundación Nuevo Siglo).
- 20 de enero (salón de actos del IGN): *Precisiones religiosas en la Provincia de Madrid, desde las Relaciones Topográficas de Tomás López* por D. Luis Aparisi Laporta (Instituto de Estudios Madrileños).
- 10 de febrero (salón de actos del IGN): *Necesidades y carencias cartográficas a mediados del siglo XVIII: La cartografía en el Catastro de la Ensenada* por Dña. Concepción Camarero Bullón (UAM).
- 17 de febrero (salón de actos de la Biblioteca Nacional): *La obra de Tomás López. Imagen Cartográfica del siglo XVIII* por Dña. Carmen Litter Mayayo (Biblioteca Nacional), con visita a la exposición de piezas singulares.
- 10 de marzo (salón de actos de la Fundación Caja Madrid): *El Madrid que se fue. De Tomás López a nuestros días* por D. Alfonso Mora Palazón (Instituto de Estudios Madrileños), junto con la presentación de la edición numerada del Plano Geométrico de Madrid de 1785.
- 17 de marzo (salón de actos de la Fundación Caja Madrid): *Tomás López en la Real Academia de la Historia* por Dña. Carmen Manso Porto (Real Academia de la Historia).
- 26 de abril: Visita guiada a la Biblioteca de la Universidad de Salamanca, conferencia *Tomás López y el quehacer cartográfico* por D. José M^o Sanz Hermida en el Aula Caja Duero y presentación del libro *El Mapa de España* de D. Enrique Cock (1581-1583).

JORNADA TÉCNICA GPS EN LA DELEGACIÓN EN VALENCIA DEL COITT

Los pasados 18 y 19 de octubre tuvo lugar en Valencia, en las aulas cedidas por la E.T.S.I.G.C.T. de la UPV, una Jornada Técnica sobre Introducción al GPS, organizada por la Delegación del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía en Valencia, en colaboración con la Delegación de TOPCON en Valencia, y que fue impartida por personal altamente cualificado de TOPCON.

La Jornada, a la que asistieron casi un centenar de colegiados, se dividió en dos sesiones: una primera, celebrada el viernes 18 por la tarde, en la que se expuso, de forma teórica y muy clara, el funcionamiento del Sistema GPS, y una segunda, celebrada el sábado 19 por la mañana, de carácter totalmente práctico, en la que, gracias a nuestro compañero Rubén



Asistentes a la Jornada Técnica GPS atendiendo las explicaciones teóricas



Un grupo de alumnos realizando prácticas con los equipos GPS cedidos por TOPCON

Cubel, promotor de estas jornadas, los asistentes tuvieron a su disposición cinco equipos de la última generación de receptores GPS Topcon para comprobar sobre el terreno la fiabilidad y productividad de esta técnica.

Al final de la jornada se repartieron a todos los colegiados asistentes un certificado de asistencia.

Desde estas páginas la Delegación en Valencia del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía quiere expresar su agradecimiento a TOPCON ESPAÑA y a cuantos asistentes acudieron al evento, por el interés mostrado en este Curso de Reciclaje Profesional.

Índices

Volumen XIX-2002

Número 108 (enero-febrero 2002)

- DART Aplicación Informática para el Diseño y Ajuste de Redes Topográficas: (y II) Ajuste Altimétrico, GPS y Diseño de Redes Planimétricas. *Silverio García Cortés, Benjamín Sánchez Fernández y Eugenio Sáez García*. Pág. 3.
- Los Sistemas de Referencia en la práctica. El papel de las Organizaciones Profesionales, Científicas, Comerciales y de Normalización. *Paul Cross, Matt Higgins, Roger Lott*. Pág. 14.
- Estimación de la Fiabilidad en un Simulador de Redes de Fotogrametría Terrestre. *Diego González Aguilera*. Pág. 28.
- Compensación de una Poligonal por Mínimos Cuadrados: Ecuaciones de Observación. *Juan Pedro Carpio Hernández*. Pág. 38.
- Legislación: El Proceso Monitorio en la nueva Ley de Enjuiciamiento Civil. *José Antonio Tomé García*. Pág. 45.
- Datos facilitados por el Observatorio Astronómico Nacional. Pág. 54.
- Vida Profesional. Pág. 62.
- Novedades Técnicas. Pág. 70.
- Bibliografía. Pág. 76.

Número 109 (marzo-abril 2002)

- Editorial: 1º Congreso sobre el Catastro en la Unión Europea. Pág. 5.
- Estudio de Vectores GPS Largos en el Proyecto PASMA. *Ezequiel Palleja y José Luis Berné Valero*. Pág. 6.
- Levantamiento Gravimétrico de Mérida. *Agustín Domínguez Álvarez, Jerónimo García de Prado Fontela, Carmen Pro Muñoz y Jesús Paniagua Sánchez*. Pág. 16.
- Determinación de errores sistemáticos en un escáner fotogramétrico. *Juan José Ruiz Lendínez y Elidía Beatriz Blázquez Parra*. Pág. 23.
- El problema de la conversión de toesas a metros en el Arco de Struve. *Vitale Kaptüg*. Pág. 31.

- Mejora de la Competencia Profesional de los Topógrafos en Europa. 1. Resumen Ejecutivo. *Stig Enemark y Paddy Prendergast*. Pág. 36.
- Mejora de la Competencia Profesional de los Topógrafos en Europa. 2. Iniciativa del CLGE para la mejora de los Estándares Académicos de la Topografía en Europa. *Paddy Prendergast*. Pág. 39.
- Aplicación de la Tecnología GPS a los Levantamientos Topográficos en Ingeniería Civil. *Andrés Seco, Rafael García, Beñat García, María González de Audicana y Natalia Remacha*. Pág. 47.
- Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Politécnica Superior de Jaén. Pág. 55.
- Novedades Técnicas. Pág. 59.
- Bibliografía. Pág. 62.
- Vida Profesional. Pág. 66.

Número 110 (mayo-junio 2002)

- Los modelos digitales del terreno en cubriciones de movimiento de tierras. *Carlos Carbonell Carrera*. Pág. 4.
- Levantamiento de la cúpula de la Basílica del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial. Aplicación experimental de Estación Total de lectura directa. *Miguel Alonso Rodríguez, Ana López Mozo, Mercedes Farjas Abadía y Francisco Ayora Baena*. Pág. 19.
- Mejora de la Competencia Profesional de los Topógrafos en Europa. 3. La unión de esfuerzos del CLGE y la FIG para mejorar la competencia profesional. *Stig Enemark*. Pág. 34.
- Mejora de la Competencia Profesional de los Topógrafos en Europa. 4. La idea de establecer un Programa Básico de Estudios de Topografía en Europa. *Rob Ledger*. Pág. 38.
- El Campo Magnético. *José Miguel Bel Martínez*. Pág. 42.
- Definición geométrica del trazado en planta de una carretera a partir de su levantamiento fotogramétrico. *José Fábrega Golpe, Rubén Martínez Marin y Javier Sánchez Espeso*. Pág. 45.

- Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera y Topográfica de Mieres (Universidad de Oviedo). *Ángel R. Vidal Valdéz de Miranda, José Antonio Suárez García y Pelayo González-Pumariega Solís*. Pág. 55.
- Novedades Técnicas. Pág. 66.
- Bibliografía. Pág. 70.
- Vida Profesional. Pág. 72.

Número 111 (julio-agosto 2002)

- Editorial. Pág. 4.
- Estudio de las tuneladoras y de los distintos sistemas de guiado, con aplicación en diversos túneles, y control dimensional. (I) Estudio de las Tuneladoras. *Marc Martí Cardona*. Pág. 6.
- La evolución profesional del Topógrafo. *GRAFINTA, S.A.* Pág. 12.
- Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Universitaria Politécnica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Pág. 15.
- ALKIS: La vía alemana hacia un catastro para el siglo XXI. *Dr. Ing. Winfried Hawerk*. Pág. 19.
- Modelos Matemáticos usados en GPS. *Guillermo Piriz Mira y Jerónimo García de Prado*. Pág. 27.
- Consideraciones en el trazado del Perfil Longitudinal de Glorietas. *Carlos Carbonell Carrera*. Pág. 34.
- Documentación Gráfica del Catastro Rústico Español: Del Croquis a la Ortofotografía Digital (I). *Manuel G. Alcázar Molina y Manuel Sánchez de la Orden*. Pág. 37.
- Mejora de la Competencia Profesional de los Topógrafos en Europa. 5. Perfiles de la enseñanza de los topógrafos en Europa Occidental. *Prof. Hans Mattson*. Pág. 46.
- Novedades Técnicas. Pág. 68.
- Bibliografía. Pág. 72.
- Vida Profesional. Pág. 74.

Número 112 (septiembre-octubre 2002)

- Estudio de las tuneladoras y de los distintos sistemas de guiado, con aplicación en diversos túneles, y control dimensional. (II) Los Sistemas de Guiado. *Marc Martí Cardona*. Pág. 4.
- El Archivo del Suelo: Un Sistema de Información Geográfica para el Servicio de Investigación Arqueológica Municipal de Valencia. *Adela López González y José Manuel Garriga*. Pág. 10.
- Realización de Cartografía Gravimétrica de la zona norte de la provincia de Toledo (Anomalías Fay y Bouguer simple). Cálculo de la corrección topográfica en dos

- puntos del terreno. *Marcos Palomo Arroyo y Rafael Ramírez Vizuete*. Pág. 16.
- Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Universitaria de I.T. Industrial e I.T. Topográfica de Vitoria-Gasteiz (Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea). *Pilar Martínez Blanco y José Manuel Valle Melón*. Pág. 23.
- Documentación Gráfica del Catastro Rústico Español: Del Croquis a la Ortofotografía Digital (II). *Manuel G. Alcázar Molina y Manuel Sánchez de la Orden*. Pág. 30.
- Mejora de la Competencia Profesional de los Topógrafos en Europa. y 6. Modelos de Competencia Profesional en Europa. *Frances Plimmer*. Pág. 40.
- Levantamiento hidrográfico del volcán submarino Myojin-Sho, realizado con el barco tripulado por control remoto Manbou II. *Kunio Yashima, Azusa Nishizawa y Yasyio Ootani*. Pág. 59.
- Bibliografía. Pág. 66.
- Il Premio "San Isidoro" para Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica. Pág. 68.
- Novedades Técnicas. Pág. 69.
- Vida Profesional. Pág. 74.

Número 113 (noviembre-diciembre 2002)

- Editorial. Pág. 4.
- Cronología de los Instrumentos Topográficos: Hasta mediados del siglo XIX. *Mario Ruiz Morales*. Pág. 6.
- Establecimiento de un Servicio de Correcciones Diferenciales en la Comunidad Valenciana. *José Luis Berné Valero e Israel Quintanilla García*. Pág. 18.
- Documentación Gráfica del catastro Rústico Español: Del Croquis a la Ortofotografía Digital (y III). *Manuel G. Alcázar Molina y Manuel Sánchez de la Orden*. Pág. 27.
- Aplicación del GPS en la detección de movimientos. *Jorge Moya Zamora*. Pág. 34.
- Modelando la dinámica empresarial del ejercicio de la Topografía mediante la simulación SURVSIM. *Tom Kennie y Chris Ward*. Pág. 38.
- Una nueva tecnología para un nuevo siglo: Los Sistemas Portátiles de Cartografía Móvil. *Cameron M. Ellum y Nasser El-Sheimy*. Pág. 46.
- Los estudios de Ingeniería Técnica Topográfica en España: Escuela Politécnica Superior de Ávila (Universidad de Salamanca). Pág. 59.
- Novedades Técnicas. Pág. 62.
- Bibliografía. Pág. 66.
- Il Premio "San Isidoro" para Proyectos Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Topográfica. Pág. 68.
- Vida Profesional. Pág. 70.

Indice 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 **ZEISS**

INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS Y GEODÉSICOS
SERVICIO TÉCNICO

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



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

EDEF
Estudio de Fotogrametría

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

LEICA GEOSYSTEMS, S.L.

Geodesia, Topografía, Fotogrametría y Sistemas

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



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

<http://www.geocenter.es>




DISTRIBUIDOR OFICIAL
VENTA Y ALQUILER

Alvaro Molina Topografía-G.P.S.
Alquiler y Servicios Topográficos

Sistemas G.P.S. 

Centimétrico, Decimétrico, Submétrico, Métrico

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

TOPCON ESPAÑA, S.A.
Instrumentos Topográficos

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

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

ATICSA
----- Distribuidor Oficial -----



Leica Geosystems INTERGRAPH TCP-IT

Venta y Alquiler de Material Topográfico
C/ Servando González Becerra, Local 25 (Plaza de las Américas)
Tel. 924 23 13 11 - Fax 924 24 90 02 - www.aticsa.net 0611 BADAJOZ



SANTIAGO & CINTRA

Distribuidor GPS 

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



Grafinta
SOCIEDAD ANÓNIMA

Distribuidor en España

PENTAX•ASYTECH-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.acresl.com 



DATUM

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



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



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