



Nuestra portada:

*Acto Inaugural del VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004*

**Vol. XXI - N.º 125**  
**Noviembre-Diciembre**  
**2004**

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 91 533 89 65

Fax: 91 533 46 32

topografiaycartografia@top-cart.com

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

Título clave: TOPCART  
 Topografía y Cartografía

Fotocomposición e impresión:  
 ALBADALEJO, S.L.

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

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

Esta revista ha sido impresa en papel ecológico

# TOPOGRAFIA y CARTOGRAFIA



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TECNICOS EN TOPOGRAFIA

## Sumario

VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004	<b>3</b>
Estudio del Método de Imágenes Resistivas Dipolo-Dipolo en el asentamiento neolítico de Montaberner José Jiménez Viciano y Rafael Rozalén Villoria	<b>18</b>
Análisis histórico de las posiciones de las Estaciones Permanentes de Villafranca del Castillo y Robledo de Chavela con diferentes programas de cálculo y aplicación a la Estación Permanente GPS de la E.U.I.T. Topográfica de Madrid Ángel L. Benítez Sánchez	<b>27</b>
El mejor cartógrafo andaluz y su paradójica descripción de Granada Mario Ruiz Morales	<b>39</b>
Planificación y ejecución de Redes de Control de Calidad en Procesos Cartográficos: El Proyecto RGPA en el Principado de Asturias Óscar Cuadrado, Luis García Asenjo, David Hernández y Alfonso Núñez	<b>42</b>
Ingeniería en Geomática y Topografía: Proyectos de Futuro y Convergencia Europea Manuel Chueca Pazos	<b>54</b>
<b>Novedades Técnicas</b>	<b>64</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>70</b>
<b>IV Premio San Isidoro</b>	<b>72</b>
<b>Vida Profesional</b>	<b>73</b>
<b>Índices del Volumen XXI, 2004</b>	<b>76</b>
<b>Índice Comercial</b>	<b>79</b>

# TCP

Informática y Topografía



Aplicaciones para

## Dispositivos móviles

Replanteo y Toma de Datos  
con GPS y Estación Total

Control de Obras de Túneles

Gestión de Dibujos con  
potente CAD  
(DWG, DXF y Raster)

## TCP-MDT V4

Múltiples Superficies  
Puntos Inteligentes  
Secciones de Autovía  
Recorrido Virtual



Edición de Cartografía  
Cubicación Rápida  
Parcelación

Compatible con  
AutoCAD® 2004 y 2005

## Orto 3D

Visualizador 3D a partir de  
Ortofotos y MDE



**TCP-IT** TCP Informática y Topografía

C/ Sumatra, 11  
E-29190 Málaga (España)  
Telf: 952 43 97 71  
Fax: 952 43 13 73  
E-Mail: tcp@tcpit.es  
Web: www.tcpit.es

**autodesk**  
authorized developer



## VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004

Entre los días 19 y 22 del pasado mes de octubre se celebró, en el Palacio de Congresos de Madrid, el VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004.

Este acontecimiento es el más importante que, cada cuatro años, organiza el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, con el fin de proporcionar un punto de encuentro a los profesionales, las entidades públicas y privadas, las universidades, las asociaciones científicas, las empresas privadas y, en definitiva, a todos aquellos que, de forma directa o indirecta, están relacionados con el Territorio, la Cartografía y ciencias y técnicas afines.

En el año 1978, con la organización del TOP-78, el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía iniciaba una línea de actividad congresual, basada en la realización periódica de eventos relacionados con las ciencias geográficas y cartográficas. Desde entonces se han celebrado seis congresos nacionales y uno de ámbito internacional, al contar con la participación de la FIG en 1992, y cuatro Jornadas Técnicas sobre la Cartografía Digital y los Sistemas de Información.

Iniciar este camino era una tarea imprescindible por dos razones fundamentales: Había un total vacío en España en la organización sistemática de jornadas técnicas relacionadas con este ámbito científico y era imprescindible propiciar encuentros periódicos entre los profesionales y las

firmas comerciales, encuentros que con seguridad iban a permitir un intercambio tecnológico y profesional entre los miembros de la comunidad cartográfica española. Hoy, casi treinta años después, se puede afirmar que la idea fue un acierto, tanto para los profesionales como para los Organismos Públicos y las empresas privadas.

El Comité Organizador de este TOP-CART 2004, designado por la Junta de Gobierno del COITT, estuvo presidido por D. Pedro Alcázar Tejedor, siendo vocales del mismo D. Carlos Barrueso Gómez, D. Juan Pablo Colmenarejo Fernández, D. Guillermo Junquera Gala, D. Ángel Luis Olmos Sánchez y D. José Antonio Sánchez Sobrino. También se creó un Comité Técnico, dependiente del Comité Organizador, encargado de la selección de las ponencias presentadas, que estuvo formado por D. José Antonio Sánchez Sobrino, Dña. Mercedes Farjas Abadía, D. Fco. Javier González Matesanz, D. Antonio María Luján Díaz, D. Benjamín Piña Patón y D. Mario Ruiz Morales.

El Congreso fue presidido por la Excm. Sra. Ministra de Fomento, Dña. Magdalena Álvarez Arza, siendo miembros del Comité de Honor la Excm. Sra. Presidenta de la Comunidad de Madrid, Dña. Esperanza Aguirre Gil de Biedma, el Excm. Sr. Alcalde de Madrid, D. Alberto Ruiz-Gallardón Jiménez, el Excm. Sr. Consejero de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, D. Francisco Granados Lerena, el Excm. Sr. Consejero de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, D. Mariano Zabía Lasala, la Ilma. Sra. Con-

cejala de Urbanismo, Vivienda e Infraestructuras del Ayuntamiento de Madrid, D<sup>a</sup> María del Pilar Martínez López, el Excmo. Sr. Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid, D. Javier Uceda Antolín, el Excmo. Sr. Presidente de la Real Sociedad Geográfica, D. Juan Velarde Fuertes, el Ilmo. Sr. Consejero Delegado de la Empresa Pública Tres Cantos, S.A., D. Iñigo Sáenz de Pipaón y Mengs, el Ilmo. Sr. Director General del Instituto Geográfico Nacional, D. Alberto Sereno Álvarez, el Ilmo. Sr. Director General del Catastro, D. Jesús S. Miranda Hita, el Ilmo. Sr. Presidente de la Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección, D. Ramón Lorenzo Martínez, el Ilmo. Sr. Director del Centro Nacional de Información Geográfica, D. José Cebrian Pascual, el Ilmo. Sr. Director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica de Valencia, D. Manuel Chueca Pazos, el Ilmo. Sr. Director de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica de Madrid, D. Alfredo Llanos Viña y el Ilmo. Sr. Decano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, D. Pedro Cavero Abad.

En esta ocasión se contó con las siguientes Entidades Patrocinadoras: Instituto Geográfico Nacional y Centro Nacional de Información Geográfica del Ministerio de Fomento, Dirección General del Catastro del Mi-

nisterio de Hacienda, Leica Geosystems S.A., Topcon, Intergraph España S.A., Trimble Ibérica S.A., GeoMadrid Tres Cantos S.A. y la Caja de Guadalupe.

También participaron como Entidades Colaboradoras: Cartogesa, Berdala S.L., Centro Español de Metrología, Estopcar, Geomap, Valverde SIG, Seresco, Intopsa y el Instituto Nacional de Estadística.

## ACTO INAUGURAL

A las 11:30 horas del martes 19 de octubre, en la Sala UNESCO del Palacio de Congresos de Madrid, tuvo lugar el acto inaugural del TOP-CART 2004, que fue presidido por el Ilmo. Sr. Vice-Consejero de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, D. Luis Armada Martínez-Campos, en representación de la Presidenta de la Comunidad Autónoma de Madrid, junto con el Excmo. Sr. Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid, D. Javier Uceda Antolín, el Ilmo. Sr. Director General del Catastro, D. Jesús Miranda Hita, el Ilmo. Sr. Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid, D. Javier Uceda Antolín, el Ilmo. Sr. Vicegerente de la Dirección General de Urbanismo del Ayuntamiento de Madrid, D. Emilio Martínez Vidal y el Ilmo. Sr. De-



**Mesa Presidencial del Acto de Inauguración del Top-Cart 2004. De izquierda a derecha: Ilmo. Sr. Vicegerente de la Dirección General de Urbanismo del Ayuntamiento de Madrid, D. Emilio Martínez Vidal, Excmo. Sr. Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid, D. Javier Uceda Antolín, Ilmo. Sr. Vice-Consejero de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, D. Luis Armada Martínez-Campos, Ilmo. Sr. Director General del Catastro, D. Jesús Miranda Hita y el Ilmo. Sr. Decano del COITT, D. Pedro J. Cavero Abad**

cano del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, D. Pedro J. Caverro Abad.

Inició el acto el Vice-Consejero de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, D. Luis Armada Martínez-Campos, quien tras dar la bienvenida a los asistentes al acto, dio la palabra al Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid, D. Javier Uceda Antolín, que impartió la conferencia inaugural del Congreso, en la que explicó los posibles cambios que en el futuro afectarán a los estudios de Ingeniería como consecuencia de la adaptación de los mismos al Acuerdo de Bolonia, suscrito por todos los países europeos.

A continuación tomó la palabra el Decano del COITT, D. Pedro Caverro Abad, quien dijo:

*Excelentísimas e Ilustrísimas Autoridades, queridos compañeros colegiados, Señoras, Señores, amigos todos:*

*Quiero, en primer lugar, agradecer a todos Vds. su presencia y acompañamiento en este acto singular, tan nuestro, que de manera cuatrienal organiza este Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía y que nació, y sigue viviendo, con ánimo de ser punto de encuentro de todos aquéllos que, con más pasado que futuro y para quienes gozan de un futuro mucho más extenso que su pasado, dedican su vida al mundo de la Topografía y Ciencias afines, haciendo de esta profesión, una de las más viejas en la historia del quehacer humano, su fuente de desvelos, preocupaciones y alegrías profesionales, llenando con ella una buena parte de sus vidas.*

*Sean todos Vds. bienvenidos; cordial y calurosamente bienvenidos a este nuestro y, desde este momento, también su Congreso.*

*Este evento que organiza la Junta de Gobierno de nuestro Colegio es, y así ha sido siempre y deberá continuar siéndolo, un Congreso de todos y para todos los Colegiados Ingenieros Técnicos en Topografía que honran a esta Institución con su excelente quehacer profesional y humano, día a día, año tras año, sin desfallecer y dando siempre lo mejor de ellos mismos a la profesión, haciendo a la misma más conocida, más necesaria, más querida por esta sociedad en la que nos desenvolvemos.*

*Además de ser un punto de encuentro con viejos colegas, a algunos de los cuales, a juzgar por su aspecto externo, el tiempo parece haber tratado de manera especialmente despiadada, es éste un momento de ampliar nuestros conocimientos, tanto en el campo teórico como en el del desarrollo tecnológico, incorporando a nuestros saberes, a través de las conferencias y de la exposición, cuanto en los últimos años ha venido a hacer nuestro quehacer más atrayente, más retador, mejorando tanto la metodología de trabajo como la calidad del producto final del mismo, exigiendo de todos nosotros una puesta al día de nuestros conocimientos y, consecuentemente, engrandeciendo nuestro acervo tecnológico y profesional, además del humano.*

*Todos estos cambios, todos estos avances, llevan implícitos variaciones, sustanciales a veces, en nuestra profesión; todos nosotros somos conscientes de la enorme velocidad a la que estos cambios se producen; da la sensación de que estamos asistiendo a un proceso dotado de un movimiento uniformemente acelerado y que, al igual que ocurre con la velocidad de aleja-*



**Excmo. Sr. Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid, D. Javier Uceda Antolín, dictando la conferencia inaugural del TOP-CART 2004**

*miento de las galaxias, la velocidad de cambio (de alejamiento en el caso de éstas) es directamente proporcional al tiempo transcurrido entre una novedad y la siguiente; ello conlleva la necesidad de realizar, tanto por parte del Colegio como de los profesionales, cuantos esfuerzos sean necesarios para no perder el tren de la innovación tecnológica; para ello es imprescindible la instauración de cursos de refresco a impartir por el Colegio, en conjunción con la Universidad, de forma que, acercando el saber a los Colegiados, les sea facilitada a éstos la renovación de sus conocimientos profesionales; así estamos haciendo, desde hace ya tiempo, y así seguiremos haciéndolo en el futuro; es ésta la única forma de poder superar las exigencias de calidad e innovación que tan profundamente están calando en todas las actividades humanas y, principalmente, en aquéllas pertenecientes al mundo de la Ingeniería.*

*Hemos tenido la ocasión de conocer de boca del Excmo. Sr. Rector Mgfco. de la UPM cuáles son las novedades que la nueva estructura Universitaria, consecuencia del llamado Acuerdo de Bolonia, van a imponer en nuestra Universidad y, consecuentemente, en nuestra profesión, todo ello dentro del programa de convergencia europea que nuestros políticos, a nivel continental, han diseñado.*

*Pero antes de analizar brevemente lo que afecta a nuestra profesión, permítidme que dé un pequeño, pero no vana, aviso de una realidad, más que preocupante, que se está produciendo aquí y ahora; bien es verdad que cuanto os voy a decir es extrapolable a muchos países del primer mundo y a países en transición y desarrollo, pero ello no disminuye un ápice la necesidad, no sólo de concienciación, sino también de acción inmediata para tratar de ponerle remedio; me estoy refiriendo a la disminución alarmante, o más que alarmante dramática diría yo, en algunas de nuestras Escuelas del número de nuevos alumnos que vienen a realizar estudios de Topografía. Es cierto que este fenómeno no sólo afecta a nuestra Ingeniería; afecta a muchas otras, haciendo que la calidad del alumnado nuevo disminuya con respecto al que recibíamos en nuestras aulas pocos años atrás; ello conlleva a que el fracaso escolar aumente, de manera más que significativa, por falta de preparación básica de quienes acuden a nuestros Centros, o, si queremos mantener un número mínimo de nuevos egresados, hayamos de disminuir significativamente los niveles de exigencia, decisión nunca deseable y que*



**El Decano del Colegio Oficial de I.T. en Topografía, D. Pedro J. Cavero Abad, dirigiéndose a los asistentes al Acto de Inauguración del TOP-CART 2004**

nuestras Universidades no adoptarán jamás. Es éste un problema que afecta no sólo a nuestras Universidades sino también a nuestra profesión y, por ende, a este Colegio ¿Qué hemos de hacer? Una vez conocida la existencia del problema, habremos de analizar las causas del mismo y tratar de encontrar remedio; para ello, tanto el Colegio como las Escuelas estamos inmersos en ese estudio en estos momentos; creemos que hay una falta, más que evidente, de saber "vender" nuestra profesión, de realizar un adecuado marketing de la misma; por ello ya hemos realizado una primera reunión de algunas Escuelas, reunión que está abierta a todas las de nuestro país y sería deseable que todas participaran en ella, con objeto de establecer una estrategia que nos haga recuperar los estándares de los que gozábamos pocos años atrás y, con el incremento de solicitudes, aumente también la calidad de los nuevos alumnos; del desarrollo y resultados de este trabajo estaréis informados a través de la revista y de la página web del Colegio.

Como el Sr. Rector ha expuesto, la idea de convergencia europea ha llevado a los Gobiernos de nuestro viejo continente a firmar un acuerdo, en la ciudad de Bolonia, cuna de la primera Universidad europea, de manera que la adopción del mismo lleva aparejada la necesidad de profundos cambios en la estructura docente y, consecuentemente, en la profesional, a medio y largo plazo. Por lo que respecta a nuestra profesión hay que decir que hemos sido la primera Ingeniería que ha obtenido de ANECA (Agencia Nacional para la Evaluación de la Calidad y Acreditación) el visto bueno al Libro Blanco de la misma, que éste ha sido remitido al Consejo de Coordinación Universitaria y a la Dirección General de Universidades y que, si todo va como está previsto, una vez publicado el Real Decreto de Grado, aparecerá publicado el R. D. de Directrices Generales Propias de nuestra titulación, que pasará a denominarse Ingeniero en Geomática y Topografía. Será éste un título de cuatro años de duración (240 Créditos Europeos) y que dará acceso, con todas las competencias profesionales, al mercado de trabajo y, también, a cursos oficiales de Master y al Doctorado, cuando el R. D. de Postgrado, cuyo borrador ya es conocido, sea publicado. Este Libro Blanco ha sido el fruto de un ímprobo trabajo realizado conjuntamente por todas las Universidades que cuentan con estudios de nuestra especialidad, por nuestro Colegio y por la Asociación de Ingenieros en Geodesia y Cartografía;

mucho hemos trabajado, no ha sido fácil, en algunas ocasiones, llegar a consensos, pero la capacidad de los participantes y su generosidad han hecho posible esta realidad que, probablemente, no satisface totalmente a todos los que trabajamos en su realización, y en ello, quizás, radique su mejor virtud; nuestra Asamblea General emitió el mandato de que el nombre de Topografía no desapareciera en el nuevo título y así se ha conseguido, aunque, a fuer de sincero, no resultara nada fácil. Vaya, desde aquí, a todos nuestro agradecimiento por tanto trabajo desarrollado y por haber dado, como era de total justicia, y casi por primera vez, la oportunidad a nuestro Colegio de estar presente en algo tan trascendente para nuestros Colegiados y nuestra profesión.

Hay hoy una realidad profesional de mercado que, probablemente, sin ser la ideal, es lo suficientemente buena como para poder decir que nuestra salud laboral es satisfactoria, al menos en lo que a puestos de trabajo se refiere, aunque, quizás, no todos gozan de la contraprestación económica y reconocimiento profesional deseables; es ésta una vieja lucha que venimos manteniendo desde tiempos inmemoriales; los resultados han mejorado con el tiempo, gracias, fundamentalmente, a la enorme calidad profesional de cuantos nos precedieron y que supieron transmitir a la generaciones posteriores. Vaya para todos ellos, desde aquí, nuestro recuerdo y agradecimiento emocionados.

Cuando se observa a nuestros colegas de allende las fronteras que, en países de nuestro entorno geográfico, desarrollan su quehacer profesional, se pone de manifiesto que en aquéllos que marchan a la cabeza de Europa nuestra profesión, tan variada y rica en campos de actividad totalmente propios de la misma, ha variado con los años y aquéllos que fueron el motor de la misma han pasado a ser complementarios o a disminuir muy sensiblemente su influencia en el mercado de trabajo. Me estoy refiriendo al mundo de la obra pública que ha sido nuestro campo de acción por antonomasia, tanto aquí como allí; sin embargo éste ha ido disminuyendo conforme las necesidades de nuevas obra públicas han ido disminuyendo; quizá un caso paradigmático lo constituya Holanda, donde, en palabras del Prof. Lohman, "...ya no queda un metro cuadrado libre donde echar un metro cúbico de hormigón...", y sigue el citado Profesor: "...en tanto que la propiedad, la compra-venta de bienes inmuebles, sigue creciendo, como corresponde a una sociedad rica, con poder adquisitivo alto...". Esta realidad, que se da también en otros países europeos, nos debe hacer, tratando de aprender en cabeza ajena, diseñar estrategias que nos permitan abrir nuevos campos de actividad profesional; es cierto que hoy la obra pública absorbe a un gran número de egresados de nuestras Escuelas; pero algún día esta fuerza absorbente disminuirá, y lo hará de manera tan grande que dejará sentir muy seriamente su influencia en nuestra profesión y en otras que se alimentan de ella. El campo de la "Propiedad", en su más amplio sentido, tal y como ocurre en otros países de nuestro entorno, deberá pasar a ocupar a la gran mayoría de nuestros profesionales. Bajo ese concepto de "Propiedad" se incluye cuanto afecta al Catastro, la Valoración, el Planeamiento Rural y Urbano, la Administración del Suelo, etc., donde nuestros colegas europeos ejercen, en una gran mayoría, su profesión. Quizás algunas cifras sirvan para poner de manifiesto las discrepancias que hoy exis-

# LEICA GRP System FX



**La solución definitiva a la topografía ferroviaria**

**El sistema "todo en uno" para mediciones en vía**



- Información del control de espacios e invasiones del gálibo
- Medición de la geometría de la vía para su construcción y/o mantenimiento
- Medición del diseño
- Información de la catenaria

**Leica**  
Geosystems

ten y que debiéramos tratar de disminuir, si no anular. Así, en el siguiente cuadro se puede observar el número de topógrafos que se dedican a la "Propiedad", tal como la hemos definido, en varios países de nuestro entorno; por tanto, si hemos de converger, converjamos.

ALEMANIA	49	GRECIA	43
AUSTRIA	45	HOLANDA	50
R. CHECA	40	LETONIA	10
DINAMARCA	45	LITUANIA	80
ESLOVAQUIA	25	POLONIA	43
<b>ESPAÑA</b>	<b>4</b>	PORTUGAL	28
ESTONIA	38	SUECIA	50
FRANCIA	59	SUIZA	60

Y para ello hemos empezado a trabajar, manteniendo conversaciones con personas conocedoras del medio en que nos hemos de mover; y éste no es otro que el compuesto por Notarios, Registradores, Dirección General del Catastro y Congreso de los Diputados ¿Abriga alguien duda de que una definición de los bienes inmuebles, rústicos y urbanos, a base de coordenadas, en un sistema de referencia dado, de los puntos que definen el contorno del inmueble, con una precisión acorde, y mucho mayor que la que actualmente proporcionan los sistemas en uso, sería de gran valor para todos los involucrados en un proceso de compra-venta, dando seguridad en la transacción y en la propiedad a cuantos se vean involucrados en ella? Si somos capaces de aunar en este proyecto a aquellas profesiones e instituciones que pueden verse afectadas por el mismo, estaremos en condiciones de acceder a los políticos para, con altas probabilidades de éxito, conseguir de ellos la promulgación de la norma legal que haga posible que toda inscripción registral, realizada de acuerdo con información gráfica y alfanumérica proporcionada por Ingenieros Técnicos en Topografía, o cualquiera que sea el nombre que éstos tengan en el futuro, tenga valor jurídico. Esta tarea, larga, ardua, difícil, en la que muchas veces estaremos tentados de tirar la toalla, en la que los obstáculos serán cada vez más y mayores, en la que el desánimo rondará nuestros espíritus, es lo suficientemente importante, retardadora, fascinante, como para hacer que nosotros hoy, y quienes nos sucedan en el futuro, pongamos nuestro mejor saber y entender para culminarla con éxito, y si éste se nos niega, que no nos quede el sabor amargo de no haberlo inten-

tado; el proceso no es corto; solamente a medio o largo plazo podremos empezar a ver algunos frutos, si éstos se dan.

No es éste momento para lamentaciones y enfoques tenebrosos del futuro, pero no puede uno sustraerse a poner de manifiesto que algunas lacras que esta profesión padece están tardando demasiado en abandonarnos; habría que hablar del intrusismo que persiste, de la aparente irracionalidad de algunas sentencias judiciales que fomentan aquél basándose en el hecho de que si la Topografía aparece en el Plan de Estudios de una titulación es suficiente razón para justificar que otros ingenieros hagan Topografía, sin importar ni la duración de esas enseñanzas topográficas ni la profundidad de las mismas. Tratando de ayudar a evitar estas situaciones se ha redactado recientemente en el Colegio un informe para todo el estamento judicial intentando dejar claro cuál es la situación, cuáles las diferencias y cuáles los perjuicios que una, en nuestra opinión, inadecuada filosofía está produciendo en nuestra profesión y en sus profesionales; crucemos los dedos para que, al fin, nuestra voz se oiga, se nos escuche y se corrija el rumbo.

La entrada en vigor de la reforma Universitaria, con la aparición del nuevo título de Ingeniero en Geomática y Topografía, hará necesaria la homologación de los actuales títulos de Perito e Ingeniero Técnico en Topografía al nuevo. Esperamos y confiamos en que, por parte de las autoridades correspondientes, se esté dispuesto a obrar con la misma generosidad con la que se procedió en el pasado, cuando hubieron de producirse homologaciones por la aparición y desaparición de titulaciones; nos consta que, por parte de las Universidades, existe la mejor disposición posible y creemos que esta buena disposición encontrará reflejo en las autoridades ministeriales; seguiremos atentos el proceso con objeto de intervenir en cuanto sea necesario; Sr. Rector, en este frente contamos con su inestimable ayuda y la de cuanto representa.

El futuro, al igual que el presente, a pesar de algunos pequeños y conocidos problemas, es prometedor; por ese futuro hemos de seguir luchando sabiendo que no pocas serán las dificultades que hallaremos en nuestra singladura, pero que, con el buen hacer vuestro, las ganas de trabajo, que no nos faltan, y toda nuestra ilusión, arribaremos al puerto deseado, que no es

otro que el de ver esta profesión cada día más arriba, satisfaciendo más y más a cuantos formamos la misma y dando el mejor servicio a la sociedad a la que nos debemos y en la que estamos incardinados.

Muchas gracias a todos por su atención.

Por último, el Ilmo. Sr. Vice-Consejero de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, D. Luis Armada Martínez-Campos, en representación de la Presidencia de la Comunidad Autónoma de Madrid, declaró inaugurado el VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004.

A continuación, los asistentes y Autoridades se trasladaron a la Exposición Tecnológica-Comercial, donde visitaron los stands de las firmas expositoras, sirviéndose a continuación un vino de bienvenida a los presentes.



**Conferenciante desarrollando su ponencia**

## CICLO DE CONFERENCIAS

El mismo día 19, a las 16 horas, dio comienzo el ciclo de conferencias, que se prolongó, en sesiones de mañana y tarde, hasta el viernes día 22 a las 13 horas, en que se celebró una Mesa Redonda.

El número de conferencias aceptadas por el Comité Técnico fue de 67, lo que obligó a habilitar dos salas, en las que se impartieron de forma simultánea. La asistencia de público a todas las conferencias fue numerosa, siendo alto el índice de participación en los turnos de preguntas, lo que demuestra el interés suscitado por los temas abordados.

Además de las conferencias programadas, algunas de las cuales serán publicadas en sucesivos números de esta revista, e intercaladas con ellas y en las mismas aulas, se realizaron también presentaciones de nuevos productos por parte de algunas empresas participantes en la Exposición Tecnológica-Comercial, las cuales también gozaron de una buena asistencia de público.

El programa completo de conferencias, junto con el *Libro Blanco* de los estudios de Ingeniería en Geomática y Topografía, se editó en CD-ROM, del que se entregó un ejemplar a cada uno de los participantes en el Congreso. Todas aquellas personas que estén interesadas en su adquisición podrán hacerlo dirigiéndose al Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.

La celebración del Ciclo de Conferencias fue posible también gracias a la colaboración de las siguientes personas, que actuaron como moderadores en las diversas sesiones: D. Alfonso Mora Palazón, D. Andrés Díez Galilea, D. Antonio María Luján Díaz, D. Alfonso Gómez Molina, D. Rubén Martínez Marín, D. Julio César Aparicio Tolosa, D. Luis J. Santos Pérez, D. Antonio Arozarena Villar, D. Julio Mezcuza Rodríguez, D. Eduardo Barredo Risco y D. Francisco García Lázaro.



De izquierda a derecha, D. Benjamín Piña Patón, D. Manuel Chueca Pazos, D. Pedro Cavero Abad y D. Nicolás Serrano Colmenarejo



Público asistente al Acto Conmemorativo del Cincuentenario de la Creación de los Estudios de Topografía

## ACTO CONMEMORATIVO DEL CINCUENTENARIO DE LA CREACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE TOPOGRAFÍA

El jueves día 21 tuvo lugar el acto conmemorativo de la publicación del Decreto Ley, hace 50 años, por el que se creaban los estudios de Topografía y la Escuela de Topografía, actual Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica de Madrid.

Dicho acto, que en principio estaba previsto que se celebrase en una de las aulas de conferencias, hubo de ser trasladado a un salón mayor, debido a la muy numerosa asistencia de público. En el se dictaron las siguientes tres conferencias: *Desarrollo de los Estudios de Topografía en España*, por D. Nicolás Serrano Colmenarejo, Catedrático de la UPM y hasta hace unos meses Director de la E.U. de I.T. Topográfica de Madrid; *Proyectos de Futuro y Convergencia Europea. Ingeniería Geomática y Topografía*, por D. Manuel Chueca Pazos, Director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica de la Universidad Politécnica de Valencia; *Presente y Futuro de los Ingenieros Técnicos en Topografía*, por D. Benjamín Piña Patón, del Instituto Geográfico Nacional.

A continuación se celebró una Mesa Redonda, en la que la participación del público asistente fue grande debido a los interesantes temas que sobre el futuro de los estudios y la profesión de Ingeniero Técnico en Topografía se trataron en las conferencias.

## EXPOSICIÓN TECNOLÓGICA-COMERCIAL

En la Exposición Tecnológica-Comercial las empresas y organismos presentes mostraron los últimos avances habidos en el campo de la Topografía, la Cartografía y ciencias y técnicas afines, así como numerosas aplicaciones prácticas de las mismas.

Las empresas y organismos presentes en esta Exposición, relacionados por orden numérico de stand, fueron los siguientes:

**ANEBA Geoinformática, S.L.** es una empresa con 18 años de experiencia y pionera a nivel mundial en el software de topografía e ingeniería civil sobre MS Windows. Cuenta con miles de usuarios en más de 40 países y actualmente desarrolla y comercializa una solución íntegra y uniforme para pie de obra, Pocket CARTOMAP, y otra para gabinete, CARTOMAP.

Con Pocket CARTOMAP se puede realizar la toma de datos, modelo del terreno, curvado, perfiles longitudinales y transversales, cubicaciones, replanteo, control de calidad, consulta y actualización de GIS, etc., todo ello con independencia del tipo de equipo (Estación total, GPS, distanciómetro, ecosonda, etc.) y del fabricante (Leica, Trimble, Topcon, Sokkia, Pentax, etc.). Todos los datos son transferidos a CARTOMAP, incluyendo una amplia variedad de formatos de CAD, restitución, libretas electrónicas, ASCII, MS Excel, etc. CARTOMAP abarca las fases de proyecto, ejecución y control de calidad de obras de ingeniería civil, urbanismo, minería, etc., desde un amplio tratamiento de los datos de campo hasta la generación de planos, incluyendo la comunicación bidireccional con otras aplicaciones y sistemas.



**Terra Tools Internacional** es una empresa de ingeniería con 6 años de experiencia y dedicada a la gestión de recursos en áreas relacionadas con el medioambiente e ingeniería aplicada. En la actualidad, está formada por dos divisiones principales: Comercial e Ingeniería. La división Comercial se dedica fundamentalmente a la distribución de Imágenes de Satélite Spot, Ikonos y Landsat, la distribución y soporte técnico del Software Topográfico SierraSoft y la distribución del software de tratamiento de imágenes de satélite PG-Streamer.

La división de Ingeniería está formada por dos Ingenieros Técnicos en Topografía, dos Ingenieros en Geodesia y Cartografía y un experto en Sistemas de Información Geográfica, siendo alguno de sus últimos proyectos desarrollados los siguientes:

- Implantación de la Red de Apoyo Catastral en el Departamento de Petén (Guatemala).
- Establecimiento de la Red Geodésica de Primer Orden del Departamento de Petén (Guatemala).
- Estudio, localización y fotointerpretación de las costas de Albania, a partir de imágenes Spot.

- Levantamiento taquimétrico con fines catastrales de parcelas situadas en Ciudad Real.

**TOOL, S.A.** nace en Madrid en 1983 con objeto de dar respuesta a las exigencias que el sostenido crecimiento económico y la evolución de la informática provocan en la Ingeniería Civil y Arquitectura. Su objetivo principal está orientado a prestar un servicio de apoyo al proyectista y al constructor mediante su labor de investigación y desarrollo de las herramientas informáticas y apoyos técnicos puntuales que faciliten su trabajo. Con tal fin, su plantilla está formada por un equipo multidisciplinar de expertos en distintos campos de la ingeniería y arquitectura (ingenieros de caminos, arquitectos y licenciados en distintas ramas).

La innovación, constante investigación y rigor técnico, le ha llevado a crear estándares dentro del mercado español. El ejemplo más fehaciente es el programa CLIP de trazado de obras lineales, que empezó su andadura en el año 1982 con un ordenador Advantage de 32 Kb de memoria RAM y que con el tiempo se ha convertido en una de las herramientas indispensables en oficinas técnicas de consultoras, empresas constructoras y estudios profesionales. Otro ejemplo es el programa SISPRE de gestión de proyecto y obra, que ha pasado de sus versiones primitivas de DOS, a la actual versión de 32 bits con más de 2600 usuarios en la actualidad.

**MICROGESA** es una empresa de Informática que desde el año 1983 está dedicada al desarrollo de Software Técnico para la Topografía y Construcción. Actualmente dispone de dos líneas de desarrollo de Software: Programas para el Sector de la Construcción y Programas para Topografía.

Estos últimos programas fueron los que expuso en este TOP-CART 2004 y son:

- **PROTOPO 6.0:** Software Técnico de Cálculo Topográfico y Trazado Lineal de Carreteras sobre AUTOCAD. Este programa está dividido en tres módulos: Módulo I (Cálculo Topográfico, Editor de Coordenadas, Curvado y Gestor Parcelario); Módulo II (Perfiles Longitudinales, Transversales y Cálculo de Volúmenes); Módulo III (completo, incluye los módulos I y II e incorpora todas las herramientas para el desarrollo y diseño de carreteras).
- **GPSAT:** Software Integrado en AUTOCAD para trabajar con GPS y realizar levantamientos Batimétricos, Topográficos y Replanteo, Navegación y actualización Cartográfica.
- **GPSAT-GANGUIL:** Complementario a GPSAT para la realización de vertidos y dragados en Puertos, con personalización de Barcos, Visualización Dinámica de la obra e Informes personalizados.

**Revista MAPPING**, publicación técnica de Cartografía, Teledetección, Medio Ambiente y Sistemas de Información Geográfica, distribuyó gratuitamente en su stand ejemplares de la misma.

**Indra Espacio – Teledetección** es una empresa líder en España en tecnología espacial segmento tierra. Durante más de veinte años Indra Espacio ha contribuido a que nuestro país ocupe un lugar relevante en el mundo en tecnologías espaciales. La Empresa desarrolla su actividad en



•ANEBA Barcelona•  
barcelona@aneba.com  
Tel. (+34) 933 633 820  
Fax. (+34) 933 633 821

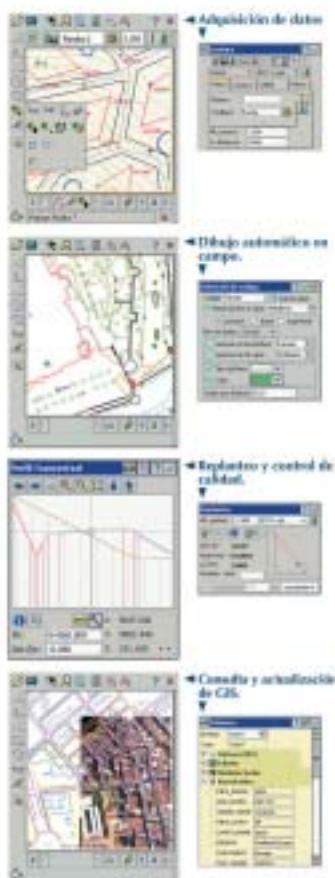
•ANEBA Madrid•  
madrid@aneba.com  
Tel. (+34) 913 287 146  
Fax. (+34) 913 287 147

## POCKET CARTOMAP 4

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

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

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



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





cuatro áreas: Teledetección, Navegación y Posicionamiento, Comunicaciones por Satélite y Estaciones de Control de Satélite, proporcionando servicios de integración de sistemas llave en mano, consultoría, desarrollo de productos, desarrollo de aplicaciones y asistencia técnica y mantenimiento.

Indra Espacio encabeza proyectos a nivel europeo como el GMES, en el campo de la gestión urbanística, consolidando su posición como una de las empresas de referencia en Europa. En su stand expusieron las capacidades de Indra Espacio en esta tecnología del futuro, incluyendo su aplicación a la cartografía y a la gestión de los recursos del planeta. Como novedad, y tras haber firmado con ER Mapper un acuerdo de distribución para España y Portugal, presento sus productos ERMapper, ECW e Image Web Server.

**La Técnica, S.A.** es una empresa con veinte años de existencia, en los que viene aportando un servicio integral, desde la venta y alquiler de equipos y materiales de construcción, hasta la realización de proyectos topográficos propios, consultoría y servicio técnico con certificación ENAC.

**STEREOCARTO** es una empresa de ingeniería que, desde 1964, viene desarrollando su actividad en diversos sectores, especialmente en la Ingeniería Cartográfica, la Ordenación Territorial, la Agronomía y el Medio Ambiente. Además, su gran actividad exterior la ha consolidado como empresa en el extranjero, actuando ya en Europa, África y, principalmente, en Latinoamérica, contando con delegaciones en Italia, Argentina, Perú, Brasil y EEUU.

Dispone de los medios técnicos más modernos para la ejecución de los proyectos en los que participa, cubriendo desde las fases de obtención y captura de datos (flota de aviones, cámaras fotogramétricas de alta resolución, sensores aéreos, escáneres fotogramétricos, procesos de restitución etc.) hasta los medios de edición y análisis de información (plotters de última generación, herramientas SIG, grabadores de DVD, etc.) pasando por la más moderna tecnología para el tratamiento de la información (software para el tratamiento de imágenes, estaciones digitales, herramientas de visión estereoscópica, etc.).

**SIGRAF, S.L.** es una empresa dedicada al desarrollo y comercialización de aplicaciones gráficas de ordenador. Inició sus actividades en febrero de 1988, habiéndose convertido actualmente en un especialista en el desarrollo de aplicaciones para el mantenimiento de los datos catastrales, conforme a la normativa de la Dirección General del Catastro. SIGRAF, S.L. ofrece soluciones en los campos de Cartografía, Fotogrametría, Urbanismo, Catastro y Administración Local.

Las aplicaciones que actualmente comercializa son las siguientes: DigiGraf, digitalización y mantenimiento de cartografía catastral, parcelarios de urbana y rústica (formato FICC); DigiGraf-R, digitalización, mantenimiento e impresión de cartografía en general en tres dimensiones, con imagen digital de fondo en pantalla, a partir de restituidores analíticos o mesas digitalizadas; DigiGraf-CUI, digitalización y dibujo de croquis de plantas CU-I georreferenciados (formatos FXCU1 y FXCR); FINUrb, mantenimiento y gestión de los datos alfanuméricos catastrales para la valoración de los bienes inmuebles urbanos (formato FINURB-DGC); FINRus, mantenimiento y gestión de los datos alfanuméricos catastrales para la valoración de los bienes inmuebles rústicos (formato FINRUS); VISIG, visualización, consulta e impresión de cartografía y catastro, cédulas parcelarias; infograf, Sistema de Información Territorial y Catastral para la Administración Local, incluye los módulos anteriores así como un conjunto de funciones enfocadas a dar soluciones a la sección de Urbanismo del Ayuntamiento, por ejemplo, la emisión automática de cédulas urbanísticas.

**AZIMUT, S.A.** es una de las empresas de fotogrametría y teledetección más antiguas del mercado español. En su stand mostraron los modernos medios de que disponen tanto para la toma de datos como para su representación, así como muestras de sus numerosos trabajos realizados allende nuestras fronteras.

**GeoToolBox Ibérica, S.L.** es una empresa dedicada a dar soluciones en el campo de la fotogrametría digital y la geoinformación. Entre sus actividades están la adquisición de imágenes digitales, realización de Modelos Digitales del Terreno, restitución y captura de datos, estudio de aplicaciones y consultoría, etc.

**Arbayún Ingenieros, S.L.** es una empresa fundada en 1992 y dedicada a la comercialización de productos tecnológicos, actualmente del programa de fotogrametría digital PhoTopoL de la República Checa y de los planetarios RSA Cosmos de Francia.

PhoTopoL es un programa integrado de fotogrametría digital que incluye las siguientes funciones: Aerotriangulación semiautomática (asistida por correlación) con interfaces propias para Aerosys; geometría epipolar; correlación automática con sistemas propios de filtrado y parámetros de terreno; Modelo Digital del Terreno en formatos raster (compatible arc view) y vector; curvado automático con edición interactiva de puntos en el curvado y suavizado en 3D del modelo digital con conservación de alturas en las líneas de rotura; ortofoto con equilibrio de colores y mosaicazo; sistema de restitución propio con entidades topológicas, líneas spline, enganches de polilíneas en 2 y 3D, personalización de

funciones, etc.; sistema topológico de información geográfica, con utilización de bases de datos relacionales; salidas para dxf, dgn, arc view, etc.; cálculo de perfiles longitudinales y transversales, hipsometría, etc.; herramientas de hidrología, de telecomunicación y cuencas visuales; creación de animaciones mediante texturización del modelo digital con las ortofotos y adición de objetos raster en 3D (por ejemplo aerogeneradores o zonas de arbolado).

**INTERGRAPH** desde hace más de 30 años viene proporcionando soluciones de Cartografía Digital y Sistemas de Información Geográfica, abarcando todos los componentes típicos del flujo de trabajo y con una oferta de productos escalables, aptos para trabajar en 1 puesto de trabajo o en 2.000 simultáneamente. Dispone de oficinas propias y distribuidores en más de 50 países y su filial directa en España lleva abierta desde 1982, contando en la actualidad con más de 400 clientes.

Entre sus productos, de los que expusieron una muestra notable, podemos citar cámaras aéreas de última generación, incluida la innovadora cámara digital DMC; escáneres y equipos de restitución digital (PhotoScan, SSK, ImageStation); sistemas de gestión y distribución de imágenes de alta resolución (TerraShare); sistemas SIG cliente-servidor fáciles de usar, abiertos y programables según estándares (GeoMedia, GeoMedia Pro, GeoMedia Grid, etc.); sistemas SIG vía Web, incluyendo edición de información gráfica, segmentación dinámica, optimización de rutas, etc. (GeoMedia Web); soluciones SIG corporativas para Servicios Públicos (G/Technology); soluciones para gestión de fuerza de trabajo móvil y vehículos, con actualización *on-line* y *off-line* (IntelliWhere OnDemand y TrackForce).

**TASA, GEOCART, EARTHDATA** son tres empresas con una larga y exitosa trayectoria en el sector de Información sobre el Territorio, siendo una de las claves de este triunfo su capacidad de adoptar como premisa permanente la innovación, siendo pioneros en la incorporación de nuevos métodos y tecnologías. En este TOP-CART 2004 han aunado recursos y esfuerzos para poder ofrecer una solución integral al complejo proceso de adquisición y gestión de información geoespacial, indispensable por otra parte en la toma de decisiones sobre gestión del territorio de cualquier organismo público y privado. Presentaron nuevos productos y equipamiento, especialmente la primera cámara digital fotogramétrica de gran formato Vexcel Ultracam D adquirida en España, así como una aproximación a las últimas tecnologías de captura y procesamiento de datos geográficos: sensor LIDAR y Radar, TrueOrto, Vuelos Interactivos 3D, etc.

**Bética de Topografía, S.L.** nació en 1997 como una empresa dedicada a la realización de Trabajos de Topografía de Campo y de Gabinete. Para la realización de los trabajos que las empresas les encargaban no encontraban un software para Libretas de Campo que se ajustara a sus necesidades, por lo que desarrollaron un software completo para uso in-



terno que cubriera sus necesidades, tanto para Estaciones Totales como para GPS. Una vez creado BETOP y funcionando (septiembre del 1999) lo dieron a conocer a través de una página Web, donde además empezaron a comercializarlo de forma directa. Así fue durante el primer año, hasta que algunos Topógrafos, Gabinetes, y Constructoras (FCC, Ferrovial-Agroman, ACS, Necso, Aldesa, Corsan-Corvian, Constructora Hispánica, Sando y otras) quisieron comprarlo a través de Empresas Distribuidoras de Equipos de Topografía. Estas, ante la creciente demanda de un producto nuevo y desconocido para ellos se ofrecieron como distribuidores de BETOP, de tal forma que hoy más del 90% de las licencias son suministradas por las Empresas Distribuidoras (Topcon, Inland, Grafinta, Orsenor, ISSA, Leica, Servitopo, La Técnica, Sutop, Prisma, Al-Top, etc.). La sencillez del programa, el enfoque práctico, y el compromiso de suministrar las actualizaciones y mejoras de forma continua y gratuita han hecho que su uso haya crecido hasta límites insospechados, convirtiéndolo en el programa para Libretas Electrónicas más vendido de España.

En el TOP-CART 2004 dieron a conocer las nuevas versiones para Sistemas Windows, así como el funcionamiento de BETOP en distintos aparatos (GPS Topcon Hiper+, GPS Leica 530 con BlueTooth, GPS Sokkia GSR2600, GPS Thales Z-MAX, Estación Total Topcon GTS-725, Hp iPAQ, WorkAbout Pro, Unitech, FC-100).

**GRAFINTA, S.A.**, es una empresa, fundada en 1964, dedicada al suministro de los más innovadores equipos y consumibles para Cartografía, Geodesia, Topografía, Hidrografía, Construcción, control de maquinaria en obra civil, obra civil portuaria, Agricultura, sistemas para defensa, control de tiempo e instrumentos de Oceanología. Actualmente cuenta con una amplia plantilla, de la cual más de la mitad son ingenieros altamente cualificados para ofrecer el soporte y la asistencia adecuada a sus clientes. Por otro lado, cuenta con un laboratorio de Control de Calidad especializado y homologado, que le permite extender la garantía y calidad de fabricación ofrecida por sus proveedores.

En el TOP-CART 2004 expuso los últimos productos de las compañías que representa y distribuye en España, como son, entre otras, Pentax

(estaciones totales, niveles, etc.), Rollei Phototecnic (cámaras de precisión para fotogrametría terrestre) y Thales Navigation (GPS).

**ORSENER, S.L.** es una empresa creada en 1991 con el objetivo de cubrir las necesidades de profesionales, empresas constructoras y organismos oficiales, en todos los ámbitos de la Topografía. Su actividad se centra en la venta y alquiler de instrumentos y accesorios para Topografía de varias marcas (estaciones totales, equipos láser, niveles ópticos, etc.) y calibración y reparación de equipos de todas las marcas.

En este TOP-CART 2004 expusieron estaciones totales, niveles y otros instrumentos de la marca SOUTH, de la que son distribuidores.

**Dirección General del Catastro** es un centro directivo dependiente del Ministerio de Economía y Hacienda que tiene encomendadas, entre otras funciones, la elaboración y gestión de la cartografía catastral. Actualmente, la Dirección General del Catastro dispone de cartografía catastral digitalizada urbana de 3.686 municipios, lo que supone que prácticamente el 85% de los inmuebles urbanos están en soporte digital, y de la cartografía catastral digitalizada rústica de 6.212 municipios, abarcando unos 40 millones de hectáreas, lo que representa el 81,63% del territorio.

En su stand se expuso la siguiente información:

- Murcia: Ortofoto año 1954, escala 1/5.000, ortofoto año 2002, escala 1/5.000 y cartografía catastral urbana y rústica actual a escala 1/5.000
- Cartografía catastral de Barcelona Ámbito-Metropolitano. Valor repercusión uso vivienda
- Cartografía catastral urbana, a escala 1/250, de Madrid. Valor repercusión uso vivienda
- Certificación catastral descriptiva y gráfica
- Oficina Virtual del Catastro
- SIGCA 2 (Sistema de Información Geográfico Catastral).

**AL-TOP Topografía**, distribuidor de los productos de la marca Trimble, expuso productos de su nuevo Catálogo General 2004-2005 (puede consultarse en [www.al-top.com](http://www.al-top.com)), entre los que destacan equipos de medida (niveles, medidores de distancias, teodolitos, estaciones totales, GPS, ecosondas, programas topográficos, libretas electrónicas, etc.), accesorios (altímetros, baterías, brújulas, cintas métricas, esclerómetros, jalones, miras, planímetros, radiotelefonos, ruedas de medición, aerosoles, tubos marcadores, clavos, hitos, etc.), servicios (cursillos de formación para manejo de equipos y programas, alquiler y reparación de todo tipo de equipos topográficos) y Asistencia Técnica (SERVICIO TECNICO OFICIAL TRIMBLE PARA ESPAÑA; servicio técnico homologado y certificado, dotado con las más recientes tecnologías en el campo dimensional y electrónico).

También informó de la reciente apertura de sus tiendas TOPOCENTER en Bilbao, Madrid y Pontevedra.

**Trabajos Catastrales, S.A.** es una empresa de servicios informáticos, cartográficos y catastrales. fundada en 1982 y que está constituida por doscientos profesionales de alta cualificación apoyados con medios y siste-

mas de tecnología avanzada El desarrollo constante de sus objetivos y niveles de calidad hacen de ella una sociedad en continuo crecimiento. En su stand mostraron parte de su producción cartográfica, de ortoimágenes y de imágenes de satélite.

**Área de Gobierno de Urbanismo, Vivienda e Infraestructuras del Ayuntamiento de Madrid**, expuso una muestra representativa de su cada vez más amplia gama de servicios y productos cartográficos, entre los que destacan: Cartografía Digital de Madrid a escalas 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 y 1:20.000; Ortofotografías color a escala 1:2.000 (1999, 2001 y 2003); imágenes de satélite de alta y muy alta resolución; archivo histórico de fotografías aéreas desde 1940; Planos Parcelarios Municipales a escalas 1:500, 1:1.000 y 1:2.000 desde 1929; reproducciones históricas (desde 1622); consulta informática de expedientes, callejero municipal, normativa urbanística, Red Topográfica de Madrid (consulta y descarga de reseñas).

**Instituto Geográfico Nacional – Centro Nacional de Información Geográfica**, organismos dependientes del Ministerio de Fomento, expusieron en su stand una amplia muestra de los productos que produce el IGN y de los que comercializa el CNIG, siendo éstos tanto del IGN como de otros Organismos del Estado. Entre ellos destacar, además de las versiones en papel y digital del Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 y 1:50.000, las Bases Cartográficas Numéricas (BCN 1000, 500, 200 y 25), los Modelos Digitales del Terreno (MDT 1000, 200, 25), las bases de Líneas Límite Administrativas, etc.

**TOPCON ESPAÑA, S.A.**, filial del conocido fabricante japonés de estaciones totales, niveles automáticos y digitales, receptores GPS, niveles láser, sistemas de control de maquinaria y todo tipo de accesorios para Topografía, centra su actividad en la venta, alquiler y servicio postventa de equipos TOPCON, además de organizar para sus clientes cursos, presentaciones de productos y jornadas técnicas, con el fin de mantenerlos al día de los últimos avances habidos en el sector.

En este TOP-CART 2004 presentaron, entre otros productos, como novedad mundial, su nueva serie de estaciones totales con cámara CCD coaxial incorporada, las GPT 3000, 7000 y 8200, así como su nuevo sistema GPS en RTK con precisión milimétrica en altimetría.

**LEICA GEOSYSTEMS**, conocida compañía multinacional, desarrolla, fabrica y comercializa sistemas para Topografía, Geodesia, Cartografía y GPS. En España cuenta con una importante red de distribución y asistencia técnica.

En su stand expusieron una completa gama de equipos, desde un nivel digital hasta un Sistema GPS de alta precisión, destacando, por su novedad, el nuevo nivel digital Leica Sprinter; primer nivel digital de fácil manejo y precio asequible; la solución topográfica Leica GRP 3000, sistema pionero en el mercado español para el mantenimiento y el montaje de líneas ferroviarias; y el láser escáner Leica HDS 3000, la tecnología más avanzada en topografía de alta definición.

**GEO CENTER, S.L.** es una empresa de ámbito nacional, dedicada a la distribución de material de topografía, tanto en alquiler como en venta,

Una poderosa nueva incorporación al  
más productivo conjunto de soluciones  
de medición de la industria ...

## MENSI 3D Láser escáners



Presentamos la más reciente incorporación a nuestra línea de soluciones de Topografía Integrada "toolbox" de Trimble, los sistemas de láser escáner MENSİ 3D ahora forman parte de la familia Trimble. Altamente avanzados y muy potentes. Los escáners MENSİ y el software RealWorks Survey v.4 le ofrecen versatilidad y productividad para realizar cualquier tarea que pueda plantearse hoy en día y al mismo tiempo le permitirán incrementar las oportunidades de negocio. Incorpore una de estas soluciones a su empresa y se sorprenderá de lo lejos que podrá llegar con ella.

**TRIMBLE. SIEMPRE UNA GENERACION POR DELANTE.**

Para conocer más detalles acerca de cómo las soluciones de medición MENSİ pueden ayudarle a ampliar sus posibilidades, visite: [www.trimble.com/mensi](http://www.trimble.com/mensi)

DISTRIBUIDOR EN ESPAÑA:



Santiago & Circa Ibérica, S. A.  
Calle José Echegaray nº 4  
P.A.U. Casanova 88  
28100 Boadilla del Monte (Madrid)  
Tel. +34 902 12 06 70 - Fax. +34 902 12 06 71  
[www.sandcgeomatics.es](http://www.sandcgeomatics.es)



siendo importador oficial de estaciones totales y niveles automáticos y digitales Trimble.

En el TOP-CART 2004 expusieron una amplia gama de los productos de que disponen, como estaciones totales Trimble (modelos 3303DR, 3305DR, 3306DR, 3603DR y 3605DR), niveles digitales y automáticos, niveles láser, colectores de datos, distanciómetros Trimble y accesorios (prismas, jalones, miras, trípodes, radio teléfonos, pintura, clavos, etc.).

**Tech Data Corporation**, fundada en 1974, es un proveedor de productos TI, gestión logística y otros servicios de valor añadido. Su completo abanico de servicios incluye formación y soporte técnico pre y posventa, soluciones financieras, servicios de configuración y ensamblaje, así como un completo abanico de soluciones para comercio electrónico, que han sido galardonadas con diversos premios internacionales.

Datech es la división especializada en soluciones CAD/CAM/GIS de Tech Data, siendo mayorista de Autodesk, y está especializada en las soluciones de GIS (Autodesk MAP / MapGuide) e Ingeniería Civil / Topografía (Land Desktop), de Mecánica (Autodesk Inventor), así como en las soluciones horizontales con AutoCAD y AutoCAD LT, además de aplicaciones personalizadas (Gestión Integral de la Cartografía, Concentración Parcelaria, Gestión de Redes de Aguas, etc.) basadas en estos productos y desarrolladas por nuestros distribuidores según las necesidades del cliente. Datech también incluye en su paquete de soluciones gráficas, los fabricantes HP (Impresoras Gran Formato), Philips, Sony, GTCO-Calcomp y Epson Impresoras profesionales.

**Sistemas CAD** es una empresa distribuidora autorizada de AutoDesk desde 1988 y desarrolladora de aplicaciones verticales para AutoCAD a medida. También es distribuidora de hardware para la instalación y puesta en funcionamiento de instalaciones de CAD y formación en AutoCAD en casa del cliente, en cualquier punto de España.

En este TOP-CART presentó la nueva versión 7.0 de su programa TOPOSIS, aplicación topográfica con más de 600 usuarios. Esta nueva versión es 100 veces más rápida que la anterior y consta de nuevas órdenes que facilitan el trabajo diario del profesional de la Topografía.



**Santiago & Cintra Ibérica, S.A.** inició su actividad en España en 1998, con la distribución de equipos GPS para Topografía, Cartografía y construcción. Su actividad actual se complementa con el desarrollo de soluciones integradas en los campos de Topografía, Geodesia, Cartografía, Agricultura, Hidrografía, Control de Maquinaria y Gestión de Flotas, representando a empresas como Trimble Navigation, Nikon, marca reconocida internacionalmente por su calidad, DP&S, con acreditada experiencia en control de maquinaria, Callidus Precision Systems e Innovometrics, empresas punteras en el desarrollo de sistemas 3D. Asimismo, participa de los últimos avances en geo-tecnologías, como los sistemas de escáner láser, móvil GIS, etc.

La empresa se encuentra estructurada en las siguientes divisiones: Construcción/Topografía (estaciones totales GPS, estaciones totales ópticas, teodolitos, niveles digitales y ópticos, software topográfico y accesorios); Cartografía/GIS (receptores GPS, software, colectores, etc.); Agricultura de Precisión (sistemas de guiado, receptores GPS para distintas aplicaciones, monitores de productividad, controladores de flujo variable, software, etc.); Control de Flotas (receptores, programas de gestión, sistemas inerciales); Control de Maquinaria (sistemas de control basados en GPS y estaciones totales para extendedoras, motoniveladoras, bulldozers, etc.) y Láser Scanner (equipos, software y servicios para la captura y modelado tridimensional). De todas ellas presentó productos en su stand.

**Instituto Cartográfico Valenciano** tiene como objetivo prioritario el impulso, coordinación y fomento, en su caso, de las tareas de desarrollo cartográfico, fotogramétrico, geodésico, topográfico y de cualquier otra tecnología geográfica en el ámbito de las competencias de la Generalitat Valenciana. El ICV es un organismo joven y dinámico. Actualmente sus proyectos, de los que expusieron una completa muestra, se refieren a materias de SIG, Ortofotomapas, desarrollo de series específicas derivadas de la cartografía a escala 1:10.000, como mapas temáticos y de términos municipales, y el desarrollo de proyectos específicos que cubran las necesidades cartográficas de otros organismos. En la filosofía del ICV están reflejadas tanto las necesidades propiamente técnicas de los profesionales de esta materia como todos aquellos ajenos a este mundo pero que se acercan a nuestra cartografía para cubrir necesidades de ocio o simplemente informativas.

**Tres Cantos, S.A.** es una empresa pública adscrita a la Consejería de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, y fue creada en 1976 para el desarrollo de la A.C.TUR. de Tres Cantos. Una vez finalizados sus trabajos en Tres Cantos, dio comienzo a una nueva andadura, con la realización de otros proyectos, como el Parque Empresarial La Resina o la cubrición del ferrocarril en la Gran Vía de Villaverde.

En la actualidad desarrolla el proyecto *Inventario del Suelo de la Comunidad de Madrid* (GeoMadrid), que tiene por objeto la producción, difusión y mantenimiento continuo de la información geográfica y territorial de la Comunidad de Madrid, y del que, con un montaje espectacular, mostraron las realizaciones hasta ahora llevadas a cabo.

**Buhodra Ingeniería, S.A.** se dedica principalmente al desarrollo, comercialización, formación y soporte de la aplicación informática ISTRAM, pensada para el diseño de Obras Civiles, y que destaca a escala nacional como un programa de diseño interactivo de carreteras, autopistas/autopistas, ferrocarriles, canales, puertos, redes de saneamiento y abastecimiento, túneles, explotaciones mineras, urbanizaciones, vertederos, escombrera, etc., que con un potente CAD cartográfico, dotado de un SIG y un generador de modelos fotorrealistas y animaciones, permite mostrar resultados finales de la realización de un proyecto.

Los principales módulos de ISTRAM se encargan de:

- Gestionar cartografía digital (ISEDM), base para el trabajo del resto de módulos
- Diseño, Seguimiento de Construcción y Mantenimiento de Obras Lineales (ISPOL)
- Modelado de Superficies (ISMOS)
- Generación de modelos fotorrealistas (ISSOL) de los proyectos y su entorno
- Sistema de Información Geográfica (ISSIX).

**SERFOCAR** es una empresa creada hace 9 años y desde su creación ha realizado múltiples trabajos de Cartografía, Topografía, Fotogrametría y Catastro. En sus inicios desarrolló diversos trabajos de ortoproyección y fotogrametría analítica, pero desde hace más de cinco años apostó por el paso a sistemas digitales, eligiendo como software de trabajo SO CET SET para toda la cadena de producción fotogramétrica, siendo además uno de sus comercializadores en España. Durante los días de exposición, además de otros trabajos, se presentó e hicieron demostraciones de un software de gestión catastral desarrollado durante los últimos años y que ya cuenta con varios Ayuntamientos y empresas como usuarios.

**ALTAIS S.L.** es una empresa creada en 1992 y especializada en la elaboración de cartografía base para Planeamiento Urbano, así como la redacción de todo tipo de documentos de planeamiento de desarrollo. Esto ha posibilitado el desarrollo de un equipo altamente cualificado en fotogrametría digital, que la ha llevado a participar en numerosos proyectos, tanto nacionales como internacionales. Además, esta firma es comercializadora y desarrolladora del software para Fotogrametría SO CET SET, del que actualmente está disponible la versión 5.1 y del que hicieron demostraciones en su stand.

**Internacional Cartographic Conference (ICA).** Del 9 al 16 de julio de 2005 se celebrará en A Coruña la XXII Conferencia Cartográfica Internacional de la Asociación Cartográfica Internacional, que será organizada por la rama española de esta orga-

nización, la Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección. En el stand que tuvieron en este TOP-CART 2004 dieron a conocer los pormenores organizativos de dicho evento.

**Institut Cartogràfic de Catalunya** es un organismo dependiente de la Generalitat catalana, dedicado a la realización de productos cartográficos de dicha Comunidad Autónoma, dentro del marco competencial de la misma. En su stand mostraron a los visitantes parte de su vasta producción, destacando las ortoimágenes a gran escala y muy alta resolución.

**Topografía y Cartografía** es la revista oficial del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía y la decana de las publicaciones del sector en España. En su stand se distribuyeron gratuitamente ejemplares de la misma y se expuso el amplio fondo de libros técnicos que tiene a la venta en sus páginas.

## ACTO DE CLAUSURA Y CENA DE GALA

El viernes día 22, a las 13 horas se celebró una mesa redonda, la cual clausuró este VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004.

El mismo día, como acto de cierre total y despedida, se celebró una cena en el restaurante Florida Park, situado en el madrileño Parque del Retiro, a la que asistieron todos los participantes en el TOP-CART 2004.

Tras la cena, que fue amenizada por un magnífico espectáculo de canción y baile españoles, los asistentes estuvieron bailando y charlando hasta altas horas de la madrugada. ■



**Mesa Redonda presidida por, de izquierda a derecha, D. José Antonio Sánchez Sobrino, vocal del Comité Organizador, D. Pedro J. Cavero Abad, Decano del COITT, y D. Pedro Alcázar Tejedor, Presidente del Comité Organizador del TOP-CART 2004**

# Estudio del Método de Imágenes Resistivas Dipolo-Dipolo en el asentamiento neolítico de Montaberner

José Jiménez Viciano y Rafael Rozalén Villoria

Tutores: Jordi Padín Devesa y Ángel Martín Furones

E.T.S.I. GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA (UPV)

## III Premio San Isidoro 2003 I<sup>er</sup> Premio

### Resumen

El objeto de este trabajo era la localización de posibles silos en un yacimiento arqueológico ubicado en el término de Montaberner (Valencia). Concretamente, se trataba de ubicar una serie de silos, antiguos depósitos de semillas de la era neolítica, ubicados en una terraza aún sin excavar y situados a escasa profundidad. De entre los diferentes métodos de prospección a considerar para la realización del estudio, se optó por un método prospectivo eléctrico. Esta técnica permite conocer el comportamiento eléctrico de los diferentes sustratos constitutivos del subsuelo y realizar una clasificación y diferenciación del mismo en función de su resistividad eléctrica ( $\rho$ ). Esta clasificación, unida al hecho de que se conocen la correspondencia entre resistividades y determinadas formaciones litológicas, permite realizar un cartografiado del subsuelo con las debidas cautelas, ya que la citada correspondencia no es biunívoca. En concreto, la técnica de prospección utilizada fue la de obtención de imágenes resistivas mediante un dispositivo tetraelectródico dipolo-dipolo.

### I. INTRODUCCIÓN

Los métodos prospectivos eléctricos constituyen, hoy en día, una realidad en el campo de las prospecciones, tanto para las intermedias como para las subsuperficiales. Los métodos eléctricos más comunes consisten en inyectar una corriente eléctrica en el terreno y medir en la superficie las diferencias de potencial, obteniéndose en definitiva un cartografiado de las diferencias

de potencial. Estas diferencias de potencial son causadas por las heterogeneidades existentes en el subsuelo, producidas por la existencia de capas o estratos con un comportamiento resistivo o conductivo diferenciado. Este hecho condiciona una geometría del campo potencial diferenciada, ya que el flujo de corriente a su paso por capas con distintas resistividades experimenta desviaciones y deformaciones (figura 1). El hecho de poder observar este campo potencial en superficie, permite inferir la geometría y resistividades de las capas enterradas.

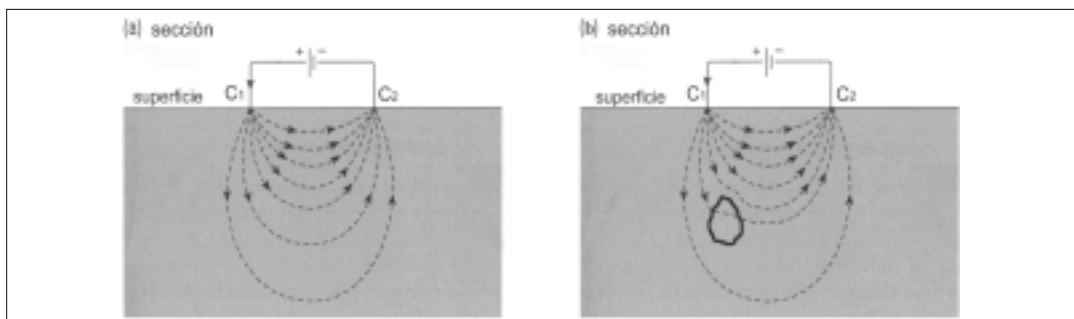


Figura 1.a) Flujo de corriente entre electrodos en un medio homogéneo. 1.b) Flujo de corriente alterado por un elemento de resistividad distinta al medio que le rodea. (Looking into the earth: an introduction to geological geophysics. Mussett A.E.; Aftab Khan M).

El campo de aplicación de las prospecciones eléctricas es extenso, propiciado por el hecho de que el rango de variación de las resistividades en las rocas y sus formaciones es muy amplio, convirtiendo la resistividad en un atractivo parámetro físico para la exploración y descripción de formaciones. Generalmente se han establecido cuatro áreas principales de aplicación: estudios hidrogeológicos subterráneos, estudios medioambientales y geotécnicos, estudios geotérmicos y exploración minera (Sharma, 1997).

## 2. RESISTIVIDADES ELÉCTRICAS DEL SUELO

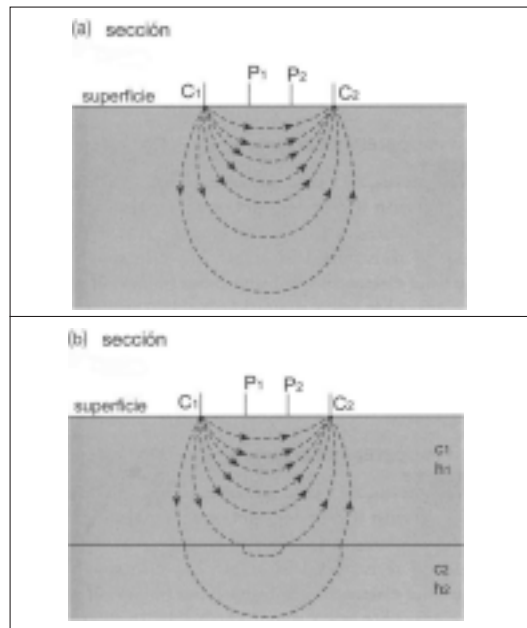
La resistencia eléctrica de un material se define como la resistencia que ofrece dicho material al paso del flujo eléctrico. Siendo  $R$  la resistencia entre dos caras contrapuestas de un cuerpo conductor de longitud  $l$  y sección constante  $A$ , la resistividad  $\rho$  sería:

$$\rho = R A / l \quad (1)$$

que se expresa en ohmios por metro ( $\Omega\cdot m$ ).

La conductividad se define como la inversa de la resistividad, y se expresa en siemens por metro.

Generalmente, la conductividad que se da en las rocas tiene, en su mayor parte, un carácter electrolítico, ya que de por sí los granos minerales que componen las rocas son aislantes (a excepción de los metálicos), produciéndose la conducción eléctrica a través del agua intersticial que se halla en poros y fisuras, de tal forma que, cuanto mayor es la canti-



**Figura 2. a) Dispositivo tetraeléctrico y campo potencial generado por el flujo de corriente en un medio homogéneo a sección constante. b) Dispositivo tetraeléctrico y campo potencial generado por el flujo de corriente en un medio homogéneo a sección constante. (Looking into the earth: an introduction to geological geophysics, Mussett A.E.; Aftab Khan M.)**

Material	Resistividad ( $\Omega\cdot m$ )	Conductividad (Siemen/m)
<b>Rocas Ígneas y Metamórficas</b>		
Granito	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalto	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Pizarra	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2,5 \times 10^{-8} - 1,7 \times 10^{-3}$
Marmol	$10^2 - 2,5 \times 10^2$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Cuarzita	$10^2 - 2 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
<b>Rocas Sedimentarias</b>		
Arenisca	$8 - 4 \times 10^3$	$2,5 \times 10^{-4} - 0,125$
Shale	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0,05$
Caliza	$50 - 4 \times 10^2$	$2,5 \times 10^{-3} - 0,02$
<b>Suelos y Aguas</b>		
Arcillas	1 - 100	0,01 - 1
Aluvión	10 - 800	$1,25 \times 10^{-3} - 0,1$
Agua	10 - 100	0,01 - 0,1
Agua marina	0,2	5
<b>Compuestos Químicos</b>		
Hierro	$9,074 \times 10^{-8}$	$1,102 \times 10^7$
0,01 M Cloruro de Potasio	0,708	1,413
0,01 M Cloruro de Sodio	0,843	1,185
0,01 M Ácido acético	6,13	0,163
Xileno	$6,998 \times 10^{16}$	$1,429 \times 10^{-17}$

**Tabla 1. Resistividad de las principales rocas, minerales y compuestos químicos (Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies, Dr. Loke, M.H.)**

dad de agua existente y de iones en disolución, menor es la resistividad que presenta la formación. Con carácter general se establece que las formaciones rocosas presentan altas resistividades, pero son diversos los procesos físicos y químicos que pueden variar sustancialmente los valores, como son los procesos de disolución, fracturación, fusión, meteorización, contaminación y demás. Finalmente, hay que tener en cuenta que la resistividad es un parámetro extremadamente variable, no sólo en formaciones con distinta composición mineralógica, sino dentro de formaciones con la misma composición en origen. Esto implica que no exista una correlación directa de resistividades con determinadas formaciones. Sin embargo, es posible realizar una amplia clasificación dentro de un determinado rango (tabla 1), la cual posibilita establecer, en función de la zona y de su génesis o en función del material buscado y su geometría, aproximaciones o elaborar hipótesis sobre el estado del subsuelo.

### 3. EL PROCESO DE INFERENCIA

Como ya se ha indicado, el objeto de la prospección eléctrica es la determinación de la distribución de resistividades eléctricas en el subsuelo, obteniéndose las medidas sobre la superficie del terreno. Para ello se procede a transmitir un flujo de corriente  $I$  al subsuelo mediante dos electrodos ( $C1$  y  $C2$ ), obteniéndose posteriormente, a través de otros dos electrodos ( $P1$  y  $P2$ ), la medida del potencial  $V$  resultante de la interacción con el terreno. A partir de estos valores se obtiene, mediante cálculo, la resistividad aparente  $\rho_a$ :

$$\rho_a = k \frac{V}{I} \tag{2}$$

donde  $V$  es el Potencial,  $I$  la Intensidad y  $k$  el Factor Geométrico.

El factor geométrico  $k$  depende de la posición relativa de los electrodos. Cada posición da lugar a un método diferente, con unas características propias diferenciadas (diferentes sensibilidades y capacidades de penetración).

Una técnica más al uso para calcular la resistividad aparente  $\rho_a$  son las fórmulas recurrentes y filtros lineales (3) y (4) (Koeferd, 1979).

$$V = \frac{I \rho_1}{2\pi} \int_0^\infty K(\lambda) J_0(\lambda r) d\lambda \tag{3}$$

$$\rho_a = \sum_{k=k_{\min}}^{k_{\max}} T(\lambda) f_k \tag{4}$$

donde  $\lambda$  es la variable de integración y  $r$  es la distancia entre  $C$  y  $P$

Las ecuaciones (3) y (4) permiten, sobre un modelo de terreno estratificado con  $n$  capas y sus respectivos espesores  $n_i$ , resolver la diferencia de potencial que se observaría sobre la superficie así como la resistividad aparente. La resistividad calculada es la del medio, siempre que éste sea homogéneo a sección constante. Este tipo de sondeos se conoce como sondeos eléctricos verticales (SEV) o 1-D. Así pues, la resistividad que se obtendrá en un medio estratificado variará en función de  $k$  o conforme varía la distancia entre ellos. La resistividad aparente es, por tanto, un concepto formal y es fruto de cómo se hallan distribuidos los estratos y sus resistividades. La relación existente entre resistividades aparentes y la resistividad real de la sección del terreno hay que resolverla mediante un sistema de inversión aplicado a las ecuaciones (4) y (2) (existen diferentes métodos).

#### 3.1. Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Limitaciones

Una de las limitaciones de este método radica en la profundidad de prospección, que se ve restringida por la separación entre electrodos y, en parte, por la diferencia de resistividad entre las diferentes capas.

Los SEV únicamente permiten realizar un estudio de la variación de resistividad a lo largo de la vertical de un punto (figura 3). Debido a esta

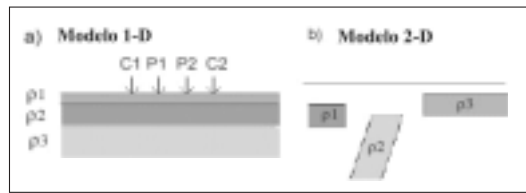


Figura 3. Representación del modelo de 1 dimensión y el modelo de 2 dimensiones.

característica, este método presenta dificultades en el estudio de la variación lateral de la resistividad. Para definir esta fluctuación lateral sería conveniente la aplicación de perfiles eléctricos enlazando varios sondeos a lo largo de una alineación predefinida.

#### 3.2. Imágenes Eléctricas en 2D

Con el fin de paliar la limitación que presentan los sondeos verticales (SEV), es habitual emplear los modelos bidimensionales, en los cuales los valores de resistividad varían en la dirección de la vertical, así como horizontalmente a lo largo de la línea de medida. En estos métodos se asume que la resistividad no varía en la dirección perpendicular a la línea de medida, obteniéndose valores en la sección correspondiente a la dirección de medida. Mediante el uso de este modelo se puede estudiar un cuerpo (como, por ejemplo, una veta o una falla) generando pseudo secciones eléctricas invertibles mediante el software adecuado. A continuación se muestra una figura que pone de relieve la facilidad con la que se localizará un cuerpo por medio del análisis de los valores de resistividad anómalos que contrastan con los del medio natural.

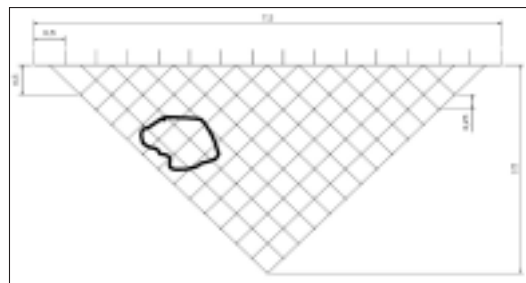


Figura 4. Sección de medida con cuerpo anómalo.

#### 3.3. Dipolo-Dipolo

En este trabajo se aplicó el método resistivo dipolo-dipolo para la obtención de imágenes eléctricas. Este método, como todos los resistivos, tiene por objeto medir la resistividad de los materiales del subsuelo, es decir, la resistencia que presentan los materiales al paso de la corriente eléctrica.

En el método dipolo-dipolo la gran proximidad entre electrodos, dos a dos, permite tratar a cada par como un dipolo independiente. Es por

esto que el método es el menos afectado por el acople electromagnético.

En el caso de este dispositivo electródico, el valor medido de resistividad aparente se obtiene en la intersección de las líneas inclinadas 45° bajo el punto medio de cada dipolo (figura 5), aunque esto no es del todo cierto, como se explica en el apartado *Análisis de los Resultados*.

Cuando el dispositivo en conjunto es movido hacia la derecha una distancia igual al espacio existente entre los polos, los puntos de intersección se mueven la misma distancia, dando valores a lo largo de la fila horizontal. Se va repitiendo esta operación para diferentes valores de *n*, obteniendo filas a diferentes profundidades.

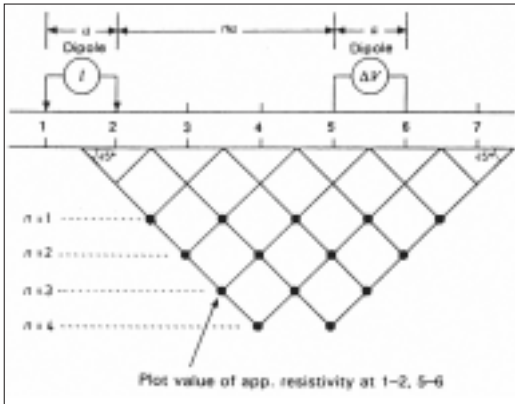


Figura 5. Trayectoria teórica de la señal eléctrica en dipolo-dipolo (Environmental and engineering geophysics, Sharma, P.V.)

En el presente trabajo se empleó una unidad multinodo que permite la conexión simultánea de 16 electrodos, por lo que este desplazamiento no fue necesario, ya que la conmutación entre electrodos es automática, permitiendo además que el número de puntos de resistividad sea mayor.

Los valores de resistividad obtenidos mediante este método se tradujeron en secciones eléctricas "verdaderas" al ser invertidas con el programa RES2Dinv.

### 3.4. Método de Inversión

Los métodos de inversión tienen por objeto reconstruir un modelo del subsuelo a partir de datos de campo. El método aplicado por el programa RES2Dinv está basado en un modelo de bloques resistivos. Este método parte de un modelo inicial y el programa busca a partir del mis-

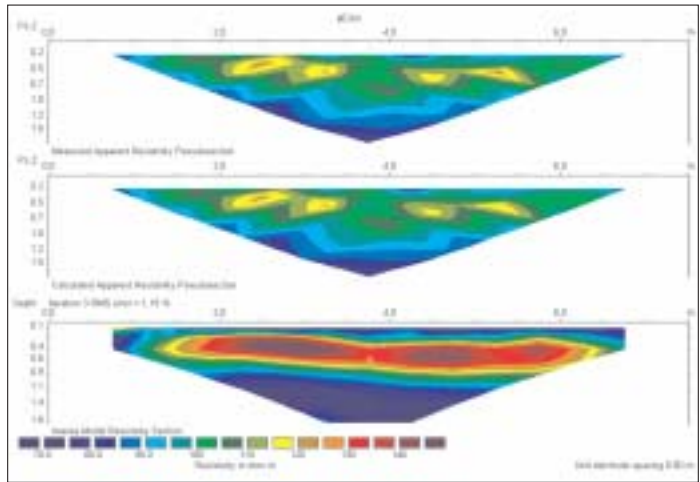


Figura 6. Pseudo sección y sección verdadera obtenidas mediante el Res2Dinv.

mo el modelo más preciso, es decir, aquél que reduce al máximo la diferencia entre los valores de resistividad calculados y los medidos. El método de inversión iterativo más empleado es el **método de suavizado con constreñimientos**.

Así pues, por medio del software comentado podemos minimizar la diferencia entre los valores de resistividad medidos y los calculados, obteniendo un modelo donde los cambios de resistividad no son pronunciados.

A continuación se muestra la pseudo sección y la sección verdadera (invertida), correspondientes al perfil 6 del trabajo.

## 4. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

### 4.1. Información a priori

Previo a la prospección se procedió a la recopilación de documentación de la zona, tanto histórica como geográfica, que permitió conocer a priori las posibles dimensiones y respuesta de las entidades neolíticas. Esta documentación, junto a las reuniones mantenidas con el equipo de arqueología, proporcionaron los datos suficientes para tener una idea aproximada del tipo de estructuras que se pretendían localizar: depósitos de forma aproximadamente esférica, de 1-2 metros de diámetro, situados a escasa profundidad (1-1,5 metros) y rellenos de materiales diferentes, tales como semillas, restos de vasijas, huesos, etc.

Teniendo en cuenta la información recavada a priori, se realizó, por medio del programa RES2MOD, un modelo del subsuelo.

### 4.2. Justificación del dispositivo elegido

El método elegido para la prospección fue el de obtención de imágenes eléctricas 2D. Esta elección estaba justificada principalmente porque la

definición que se quería obtener era de detalle, con mayor hincapié en la dirección horizontal, dado que lo que se pretendía localizar eran los límites de los silos.

Hay diversos dispositivos electródicos aplicables a este caso: Wenner, Schlumberger, dispositivos de polo, dispositivos de dipolo, etc.

El dispositivo **Wenner** presenta una mayor sensibilidad en términos de respuesta de señal; su justificación viene dada porque, dada una corriente, la separación de los electrodos receptores se corresponde con una gran fracción de la separación de los electrodos emisores de corriente.

El dispositivo **Schlumberger** en sondeos eléctricos, con MN fijos, es el menos propenso a los efectos electródicos, siendo, al igual que el dispositivo anterior, muy adecuado para la localización de objetos enterrados a una gran profundidad.

El dispositivo **dipolo-dipolo**, por su parte, es el menos influenciado por el acople inductivo, debido a la disposición de los cables para los dipolos de corriente y potencial, que son ambos más cortos en extensión y están lejos uno del otro.

De entre todas las posibles configuraciones electródicas se optó por la configuración dipolo-dipolo (dd).

Con el uso de la configuración dd se esperaba obtener una buena definición de la estructura anómala, ya que el contraste de resistividades se estima bajo. Además, esta configuración permite disminuir las zonas de sombra por debajo de la estructura, previéndose obtener tanto el límite superior como el inferior de la estructura, todo ello sumado al hecho de que esta configuración presenta una alta sensibilidad a los cambios laterales resistivos, estableciendo zonas de mayor gradiente en los cambios de formación resistiva (Loke, 1997). En principio, la importante pérdida de señal que presenta esta configuración con la profundidad no tiene mayor repercusión, debido a que la profundidad de investigación significativa es reducida (se ha diseñado la configuración para un alcance efectivo de 1,8 m) y a que el resistímetro Syscal-R2 presenta una alta sensibilidad y una óptima disminución de la relación señal-ruido. La profundidad media de investigación viene dada, de forma aproximada, por la integración de la función sensibilidad con la profundidad (Edwards, 1977).

## 5. FASES DEL TRABAJO

### 5.1. Fase previa

La forma de operar en campo vino condicionada por tres factores fundamentales: la superficie de la zona a prospectar, la profundidad teórica a la que se encontraban los posibles silos y, por último, las dimensiones de éstos (diámetros no superiores a 1,5 m, profundidad escasa, de 20–30 cm, y dimensiones de la zona de rastreo de 3 x 15 m).

Previniendo la variabilidad de estos datos, se almacenaron *a priori* tres tipos de secuencias, generadas con el software ELECTRE-II, cada una con su configuración geométrica, para así en campo elegir la más adecuada.

Una vez en el yacimiento, se optó por elegir la primera de las secuencias como secuencia de medida, ya que con ella se lograría una mayor definición resistiva del terreno así como un rastreo más exhaustivo.

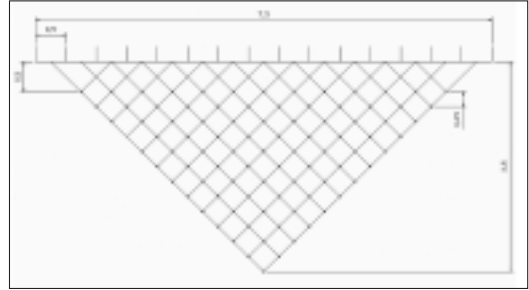


Figura 6. Definición geométrica de la secuencia de medida utilizada en campo.

### 5.2. Trabajo de campo

La finalidad de esta prospección era la de determinar en una zona contigua aún no excavada, la ubicación del resto de posibles silos (figura 7). Para poder realizar el trazado de los perfiles se precisó del equipo de medida adecuado, que constaba de:

- Un resistímetro SYSCAL-R2, con el sistema MULTIELECTRODO incorporado como software innovador.
- Una unidad MULTINODO, adquirida recientemente por la E.T.S.I. Geodésica, Cartográfica y Topográfica de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Un módulo RCM, el cual actúa de intercomunicador entre el resistímetro y el multinodo.
- Un convertidor DC/DC de corriente continua.

Tal y como se había planificado, se trazaron 8 perfiles de la siguiente manera:

- El primero de ellos se ubicó aproximadamente a un metro del corte (cabeza de talud). Empleando la cinta métrica, se alinearon los 16 electrodos, que se clavaron en el terreno con una separación entre



Foto 1. Vista del montaje del dispositivo al completo.

ellos de 0,5 m, definiendo así la primera de las calicatas de 7,5 m de longitud. Además, se clavó en tierra el electrodo pertinente para la realización del chequeo inicial (*RS Check*).

- La medición duró aproximadamente 15 minutos, es decir; unos 10 segundos por cuadrípulo.
- En cada uno de los perfiles se tomaron coordenadas, con una estación total, tanto al primero como al último de los electrodos, con el fin de ubicarlos en el plano del yacimiento y con vistas a un posible replanteo posterior. Estos puntos aparecen nombrados con las iniciales PI y PF (inicio y fin de perfil).

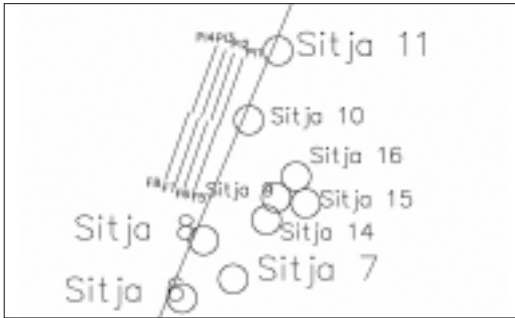


Figura 7. Ubicación de los perfiles.

### 5.3. Trabajo de gabinete

El trabajo de gabinete se desarrolló a partir de las medidas de campo almacenadas en el resistímetro.

La descarga de los ficheros de campo se hizo mediante el software Prosys y la obtención y tratamiento de las pseudo secciones con Res2Dinv.

Al descargar los datos se observó que el campo de la resistividad correspondiente al perfil 3 sólo contenía el valor 0 para todos los puntos. Esta carencia de datos fue originada por un fallo en la inyección de corriente por parte del convertidor.

En primer lugar, se buscaron puntos datum erróneos para eliminarlos, aunque no se observó ninguno, lo cual reafirmaba, en parte, la correcta planificación y elección de la configuración electródica. Una vez obtenidas las pseudo secciones resistivas, éstas se invirtieron aplicando construcciones robustas.

## 6. RESULTADOS

Al observar el modelo invertido de pseudo resistividades se aprecian unas anomalías resistivas en forma de bolsas representadas en un color diferente. Acudiendo a la escala de colores situada en la parte inferior de la pseudo sección, se comprueba que las resistividades correspondientes a estas anomalías son del orden de 150  $\Omega$ m (ohmios-metro). Este valor tan elevado puede considerarse algo inusual si tenemos en cuenta que en la zona de prospección predominan las margas, y los va-

lores de resistividad propias de estas rocas son del orden de 70-80  $\Omega$ m. Así pues, nos encontramos con que en cada una de las pseudo secciones generadas para los perfiles existían anomalías resistivas de dimensiones y valores resistivos diferentes.

Llegados a este punto, es importante recordar brevemente cuál es el objeto del trabajo: Ubicar silos en la zona prospectada. Las dimensiones de estas entidades son aproximadamente de un 1m de radio y 0,5 m de profundidad. Así mismo, los materiales de relleno de estos depósitos pueden ser variados: semillas, huesos, vasijas, etc., por lo que el grado de porosidad de los mismos será mayor que el del terreno natural. Es por este motivo por el que la resistividad registrada es mayor.

Pese a lo comentado en el párrafo anterior; no se deben obviar las anomalías de reducido tamaño y escaso valor resistivo, pues debido a la disposición en paralelo de los perfiles, podría tratarse de respuestas resistivas correspondientes a los extremos de la entidad buscada.

En la figura 8 se muestran los perfiles resistivos ordenados por bloques. El primer bloque contiene los perfiles 1, 2 y 4 y el segundo el 5, 6, 7 y 8. La mejor aproximación viene dada por el perfil F6, el cual se ha realizado prácticamente sobre la vertical de los silos.

Existe una diferencia sustancial entre la profundidad teórica alcanzable *a priori* y la que realmente se obtiene.

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tal y como ya se ha comentado, la profundidad que se debe alcanzar con una configuración electródica como la empleada en el presente trabajo es de 3,5 m. Sin embargo, realmente se prospectó a una profundidad de tan solo 1,6 m. El porqué de esta diferencia se debe principalmente a un motivo; la variación de la resistividad con la profundidad.

Es conveniente recordar que las secuencias cargadas con el programa Electre II son meras aproximaciones a la realidad, generadas bajo el supuesto de un suelo homogéneo. Por el contrario, en la realidad nos encontramos con suelos heterogéneos, es decir; con capas de diferente resistividad, que alteran el trayecto de las ondas eléctricas. La alteración que sufre el trayecto de la señal al pasar de una capa a otra es aún mayor si existen contrastes de resistividad considerables próximos a la superficie, como es el caso que nos ocupa (apenas a unos 10-15 cm de superficie aparecen anomalías resistivas).

El resultado de estas alteraciones en el recorrido de la señal tiene como consecuencia que el ángulo de 45° de emisión en realidad no se conserve, produciéndose unas intersecciones que difieren de las reales en el orden de algunos centímetros en posición. Por consiguiente, se obtiene una profundidad de exploración de 1,6 m que difiere de la teórica en 1,9 m.

El desconocimiento de estos efectos sobre el trayecto de las ondas puede llevar a conclusiones erróneas, siendo esto un error común en la bibliografía norteamericana sobre el tema. Esta diferencia entre profundi-

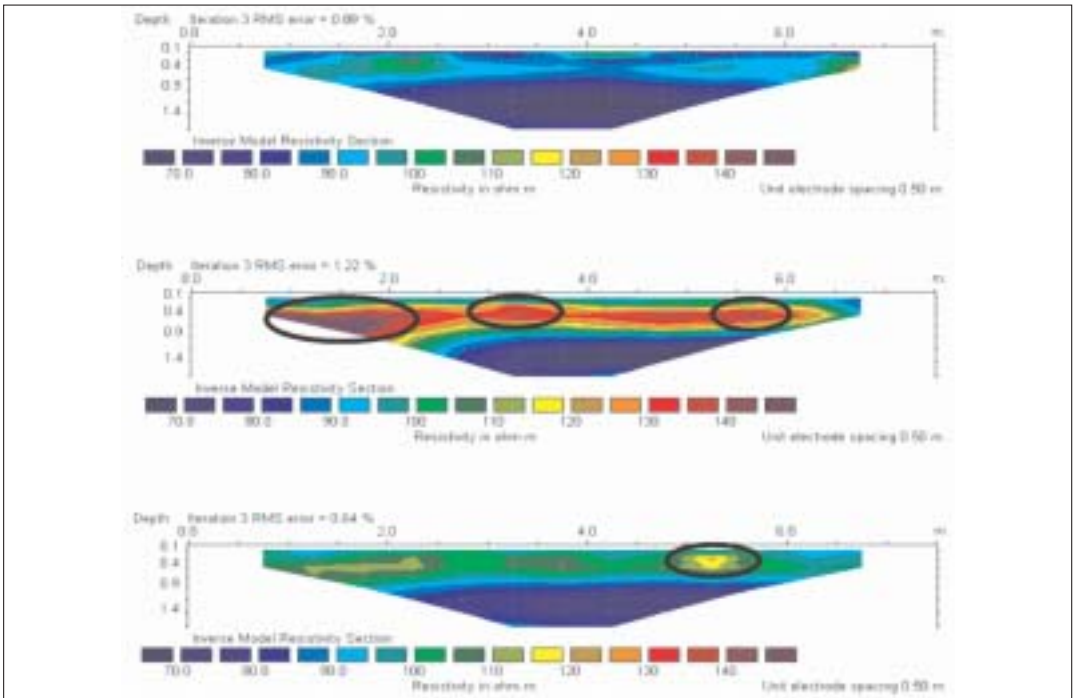


Figura 8. Bloque 1 (perfiles 1, 2 y 4).

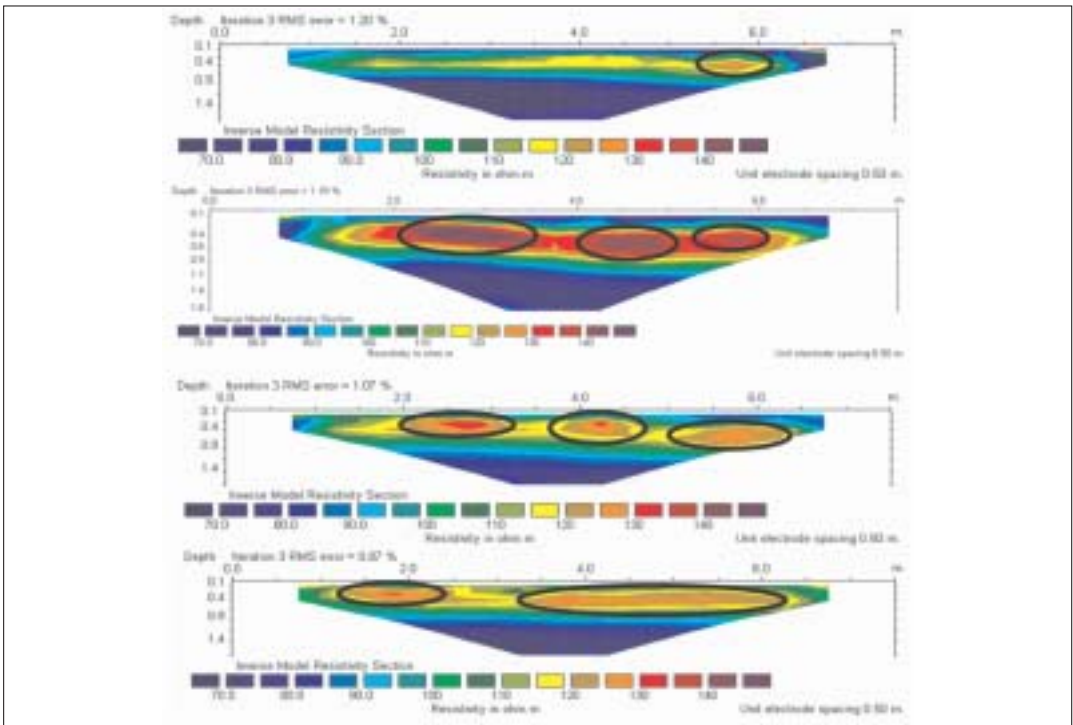


Figura 8. Bloque 2 (perfiles 5, 6, 7 y 8).

NUEVO

LA MEJOR  
HERRAMIENTA PARA  
ESCÁNER LÁSER  
DE IMÁGENES  
TRIDIMENSIONALES

# Iris-3<sub>6</sub>D

SU TIEMPO Y SU DINERO  
SON DEMASIADO VALIOSOS  
PARA DESPERDICIARLOS.  
¡¡LA MEJOR SOLUCIÓN DE  
ESCÁNER LÁSER: PORTÁTIL,  
MODULAR Y GRADUABLE!!

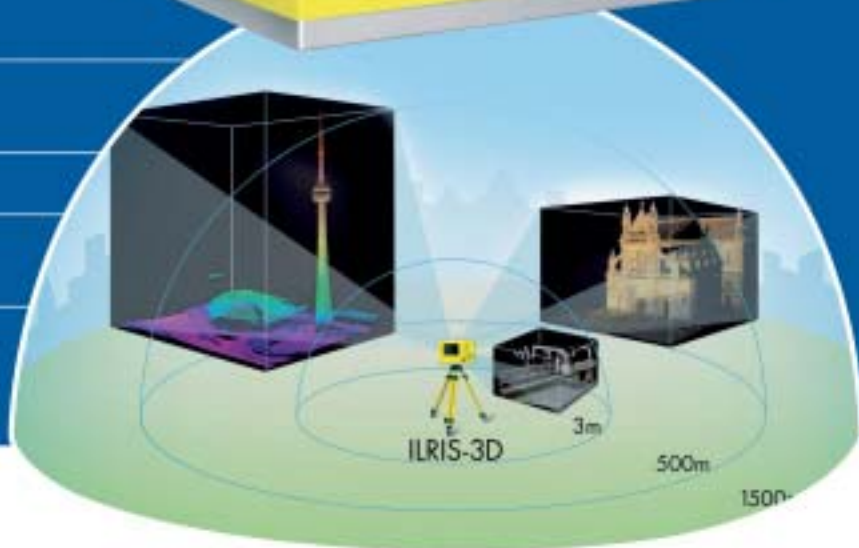
Campo de visión  
de 360° X 360°

Rango de medición  
dinámico de 3-1500 m

2.000 puntos/seg.

Canal de color integrado  
de alta resolución

Seguridad Clase 1  
(IEC 60825-1)



Optech



El ILRIS 3<sub>6</sub>D, de OPTECH es un escáner láser que permite la adquisición rápida de imágenes tridimensionales. Mediante la tecnología de tiempo de vuelo, el escáner captura miles de puntos por segundo, tomados desde diferentes puntos de vista y después alineados en una sola nube de puntos. PolyWorks es el software de tratamiento de datos con el que postprocesamos la información. Sobre la nube de puntos podemos realizar secciones de manera automática, mover el modelo 3D con mucha facilidad y obtener de él, medidas directas en verdadera magnitud de cualquier elemento, así como extraer su geometría primitiva. Las aplicaciones son tanto en ingeniería civil, arquitectura, rehabilitación de edificios históricos, levantamiento de instalaciones para mantenimiento o modificaciones, análisis forense, entre otros.



**Topocenter** CENTROS DE APOYO TOPOCENTER EN SU ZONA:  
BARCELONA 93 340 05 73 | VALENCIA 996 848 582 | MADRID 91 371 02 98 - 629 590 874  
PAIS VASCO 916 012 096 | BALEARS 960 125 100 | GALICIA 986 772 111 - 618 303 238

**al-top**  
TOPOGRAFIA

Bofarull, 14, bajos 08027 Barcelona  
Tel. 93 340 05 73 Fax 93 351 95 18  
www.al-top.com al-top@al-top.com



**Foto 2. Sección de uno de los silos localizados tras la excavación.**

dad real y teórica nos fue aclarada por el Dr. M. H. Loke a lo largo de una serie de consultas realizadas vía correo electrónico.

Otro de los factores que conllevaron a una reducción notable de la profundidad fue la influencia de la humedad superficial en dicha zona. Dicha humedad fue causada por las bajas temperaturas y la nubosidad, propias de la estación climática (invierno) y las horas de medida (9 a 11 am).

## 8. CONCLUSIONES

Finalmente, se realizó la excavación en la zona en la cual se detectó la estructura diferenciada, coincidiendo esta estructura con los silos buscados.

El método resistivo dipolo-dipolo se mostró efectivo para la localización de objetos enterrados a escasa profundidad, siendo muy empleado para fines arqueológicos.

La humedad superficial, así como la presencia de heterogeneidades próximas a la superficie, afecta significativamente a la profundidad de la investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Sharma, P.V.: 1997, *Environmental and engineering geophysics*. Cambridge University Press.
- Orellana, E.: 1982, 2ª ed. corr. y amp., *Prospección geoelectrica en corriente continua*. Editorial: Paraninfo, Madrid.
- Dobrin M.B.; Savit C.H.: 1988, 4ª ed., *Introduction to geophysical prospecting*. Editorial: McGraw-Hill, New York. Traducción por: Fuster, J. M.; Strong, P. M.
- Mussett A.E.; Aftab Khan M.: 2000, *Looking into the earth: an introduction to geological geophysics*. Editorial: Cambridge University Press, Cambridge.

- Udías Vallina A.; Mezcuza J.: 1997, *Fundamentos de geofísica*. Editorial: Alianza, D. L. Madrid.
- Burger H. R.: *Exploration geophysics of the shallow subsurface*. Editorial: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Kearey P.; Brooks M.: 1991, 2ª ed., *An introduction to geophysical exploration*. Oxford [etc.]: Blackwell Scientific.
- Orellana, E.: 1970, *Principios de geofísica aplicada*. Editorial: Paraninfo, Madrid.
- Retamal, E.; Cosme, H.; Luciano, R.: 1982, *Propiedades geofísicas de los suelos*. Editorial: McGraw-Hill, Bogotá.
- Griffiths D. H.; King, R. F.: 1972, *Geofísica aplicada para ingenieros y geólogos*. Editorial: Paraninfo, Madrid. Traducción y notas: Río de la Cruz, A.
- Committee of Advances in Geophysical Research, Institute of Geophysics, State Seismological Bureau: *Advances in geophysical research*, Beijing, China.
- Sharma, V.: 1986, 2ª ed., *Geophysical methods in geology*. Editorial: Elsevier, cop, New York.
- Bernabeu Aubán, J.; Pascual Benito, J. L.; Orozco Köhler, T.; Badal García, E.; García Puchal, O.; Pérez Ripoll, M.: 1998, *L'expansió de l'agricultura. La vall de l'Alcoi fa 5000 anys*. Ed: Diputació de València.
- Dr. Loke, M.H.: 1996-2002, *Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys*.
- Dr. Loke, M.H.: 1997, 1999, 2000, *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies*.
- Geoelectrical Imaging 2D & 3D GEOTOMO SOFTWARE: August 2001, *Rapid 2-D Resistivity & IP inversion using the least-squares method* (Manual de RES2DINV ver. 2.2).
- Dr. Loke, M. H.: October 1999, *Rapid 2D resistivity forward modelling using the finitedifference and finite-element methods*. (Manual de RES2DMOD ver. 2.2).
- Geoelectrical Imaging 2D & 3D GEOTOMO SOFTWARE: October 2001, *Rapid 3D Resistivity & IP inversion using the least-squares method*. (Manual de RES3DINV ver. 2.1)
- Barker, R. D.: 2001, *Principles of electrical imaging*. University of Birmingham, UK.
- Koefed, O.: 1979, *Geosounding principles 1: Resistivity sounding measurements*. Elsevier Science Publishing Company, Amsterdam.
- Edwards, L. S.: 1977, *A modified pseudosection for resistivity and induced-polarization*. *Geophysics*, 42, pp.1020-1036.
- Orduna Carrasquer, Y.: septiembre 1995, *Estudio por perfiles eléctricos de resistividades del emplazamiento ibérico subterráneo de Cova de l'Alteró*. Proyecto final de carrera.
- Mapa topográfico 1:10.000 de Montaverner, CV10, 795 (1-3). ICV.
- Pañoleta 1:50.000, cortesía del Catastro de Valencia.
- Páginas web consultadas: [www.iris-instruments.com](http://www.iris-instruments.com)  
[www.zonge.com/gastrip.htm](http://www.zonge.com/gastrip.htm)  
[www.tg.lth.se/resist/EEGS97q3.pdf](http://www.tg.lth.se/resist/EEGS97q3.pdf)  
[www.mapya.es/dinatierra\\_v3](http://www.mapya.es/dinatierra_v3) ■

# Análisis histórico de las posiciones de las Estaciones Permanentes de Villafranca del Castillo y Robledo de Chavela con diferentes programas de cálculo y aplicación a la Estación Permanente GPS de la E.U.I.T. Topográfica de Madrid

Ángel L. Benítez Sánchez  
E.U.I.T. TOPOGRÁFICA DE MADRID (UPM)

## III Premio San Isidoro 2003 3<sup>er</sup> Premio

### ANTECEDENTES TÉCNICOS

La estación de referencia GPS de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica de Madrid, denominada MERC, se instaló y se hizo operativa en septiembre de 1997. No obstante, comenzó a registrar datos GPS en enero de 1998 de forma continua. Desde esa fecha hasta el momento presente, se dispone de un histórico de datos GPS que se ha interrumpido en algunas ocasiones por breves espacios de tiempo, como es el caso del año 2000, en el que faltan varios meses. Fue dotada de coordenadas en el datum ETRS89 y se almacenaron todos los datos en un servidor de Internet donde cualquier usuario interesado puede acceder a ellos.

Existen una serie de redes locales, regionales y mundiales de estaciones permanentes GPS que disponen de coordenadas ajustadas en un marco de referencia común. Este marco es el ITRF2000 (International Terrestrial Reference Frame del año 2000), que lleva asociado un campo de velocidades para cada estación GPS, debido al movimiento de las placas tectónicas respecto de éste. Diversos organismos a nivel internacional están adscritos al IGS (International GPS Service), que junto con el IERS (International Earth Rotation Service) calculan cada realización del ITRS a nivel mundial con una serie de estaciones seleccionadas por todo el mundo. A partir del ITRF correspondiente, se integran el resto de redes a nivel regional y local, dotando de una solución para dicho marco de referencia a todas las estaciones.

El ITRF correspondiente queda definido por las coordenadas de las estaciones permanentes GPS con las que se ha calculado y sus velocidades respectivas. Este datum se utiliza para obtener y hacer uso de pro-

ductos tales como modelos ionosféricos semanales, efemérides precisas y para trabajar en proyectos geodésicos y geofísicos de ámbito internacional.

Por todo ello, se observó que sería conveniente dotar a la estación permanente GPS de la Escuela de su propia solución en el ITRF vigente en la actualidad, que es el ITRF2000.

### OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo fundamental que se perseguía era el de dotar a la estación de referencia GPS de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica de Madrid, denominada MERC, de coordenadas precisas y un campo de velocidades asociado, en el Marco de Referencia Internacional Terrestre de 2000 (ITRF2000). Esta estación tiene calidad de permanente desde hace aproximadamente seis años.

Un segundo objetivo era establecer una comparativa de los diferentes programas de procesamiento de líneas base GPS de que dispone la Escuela, para poder escoger el más adecuado al proyecto y chequear todos los datos GPS de MERC, para asegurar la calidad de la estación. Un tercer objetivo era establecer una comparativa del campo de velocidades que se obtuviese con el modelo de deriva continental NN-NUVEL-1 A.

Para la correcta ejecución del proyecto fue necesario automatizar muchos procesos, para que los tiempos de ejecución no se disparasen y, muchas veces, para no cometer errores de manipulación de ficheros. Se tomó una colección de datos GPS de un periodo, comprendido entre el

# SISTEMAS AVANZADOS DE TOPOGRAFIA



## trimble toolbox



5800 RTK ROVER



ESTACIÓN TOTAL GPS 5700



ESTACIÓN DE REFERENCIA NETRS



CONTROLADOR ACU



TERMINAL RECON



GEDEXPLORER CE XM/XT



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

Delegaciones:  
Catalunya: 669 59 65 48  
Comunidad Valenciana: 669 56 05 20  
Andalucía: 699 45 82 23

# FÍA Y CARTOGRAFÍA

 Trimble



NIVEL DIGITAL  
DINI



ESTACIÓN TOTAL  
SERVO 5503



ESTACIÓN TOTAL  
ROBOTIZADA 5600 DR



LASER ESCANER  
MENSI 3D



ESCANER LASER 3D  
CALLIDUS

 Trimble®

l de enero de 1998 y el 31 de diciembre de 2001, de varias estaciones del IGS (Internacional GPS Service) y de MERC, y se obtuvo un producto final después de pasar por una serie de fases, que fue el mencionado campo de velocidades. Dado el tamaño de los datos a manipular (más de 25 Gb), se hacía imperativo el proceso de automatización de tareas.

Se eligieron estaciones permanentes GPS del IGS para formar la red necesaria para el proyecto. A partir de ellas se calcularon líneas-base diarias durante los 4 años de datos, haciendo uso de productos del IGS tales como efemérides precisas y otros. Una vez obtenidas todas las líneas base necesarias, se obtuvieron soluciones semanales ajustadas de las coordenadas de MERC en el ITRF2000.

## FASES DEL PROYECTO

### Elección de la red GPS y disponibilidad de datos

Con objeto de realizar un estudio del movimiento de la antena de MERC, se seleccionaron las estaciones que iban a formar parte de la red del proyecto. Las estaciones candidatas eran las estaciones permanentes del IGS, dado que el estudio se iba a desarrollar enteramente en el ITRF2000.

Se establecieron los siguientes criterios de selección de las estaciones de referencia GPS candidatas:

- La distancia a la estación permanente GPS MERC no debía ser superior a 150 km. Este valor es puramente empírico, apoyado en otros trabajos realizados con programas de cálculo de líneas base GPS de similares características que los que están disponibles en la Escuela, esto es, programas de cálculos estáticos. Esta distancia podría ser muy superior si se dispusiera de programas similares a GIPSY-OASIS, que fuesen de tipo semidinámico y capaces de modelar con mayor detalle los errores que afectan a las observaciones y cálculos GPS.
- El solape de datos GPS con la estación objeto de estudio debía ser igual o superior a 4 años, ya que se debía disponer de datos suficientes para la obtención de un resultado fiable del campo de velocidades. Un registro de datos inferior no daría las garantías adecuadas. Como la estación de referencia de la Escuela disponía de datos GPS desde enero de 1998, era deseable que las estaciones elegidas conservaran datos desde esa fecha y durante todo el periodo del que se dispusieran.

Tres estaciones cumplían con el criterio de distancia: VILL, situada en la estación de seguimiento de la Agencia Europea del Espacio de Villafranca del Castillo (Madrid); MAD2, situada en la estación de radiotelescopios de la NASA en Robledo de Chavela (Madrid) y YEBE, estación perteneciente al IGN e integrada en la Red EUREF y situada en Guadalajara.

AÑO	ESTACIÓN	RECEPTOR	INICIO FECHA	FINAL FECHA	DÍAS CON DATOS
1998	MAD2	ROGUE SNR-8000	01-01-98	31-12-98	361
	VILL	ROGUE SNR-8100	01-01-98	31-12-98	313
	MERC	TRIMBLE 4000 SSI	01-01-98	31-12-98	354
1999	MAD2	ROGUE SNR-12 RM	01-01-99	31-12-99	360
	VILL	ROGUE SNR-8100	01-01-99	31-12-99	357
	MERC	TRIMBLE 4000 SSI	01-01-99	31-12-99	346
2000	MAD2	ROGUE SNR-12 RM	01-01-00	31-12-00	363
	VILL	AOA SNR-8100 AC	18-07-00	31-12-00	167
		ROGUE SNR-8100	01-01-00	17-07-00	197
	YEBE	TRIMBLE 4000 SSI	30-09-00	31-12-00	92
	MERC	TRIMBLE 4000 SSI	26-09-00	31-12-00	73
2001	MAD2	ROGUE SNR-12 RM	01-01-01	31-12-01	365
	VILL	AOA SNR-8100 AC	01-01-01	22-04-01	108
		ASHTECH Z-XII3	28-05-01	31-12-01	218
	YEBE	TRIMBLE 4000 SSI	01-01-01	31-12-01	362
	MERC	TRIMBLE 4000 SSI	01-01-01	31-12-01	360

La tabla anterior se ha obtenido con información disponible en el CBIS (Sistema de Información de Departamento Central del IGS) y pone de manifiesto la disponibilidad de datos. En ella se puede ver como YEBE no tiene un registro de datos lo suficientemente amplio, mientras que las otras dos sí. Con todo esto se eligieron como estaciones integrantes de la red del proyecto las estaciones VILL y MAD2.

### Obtención de datos

Una vez que se supo cuales eran las estaciones permanentes del IGS que iban a formar parte del proyecto, se procedió a la obtención de los ficheros de datos GPS de las mismas. Además, se obtuvieron todos los datos necesarios para las siguientes fases del proyecto, como fueron efemérides precisas en formato SP3, efemérides transmitidas combinadas del IFAG (Alemania), ficheros de control de calidad de los datos GPS obtenidos, etc. Concretamente fueron los siguientes:

- Datos GPS en formato RINEX diarios (24 horas de observación) de las estaciones permanentes del IGS denominadas VILL y MAD2 para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1998 y el 31 de diciembre de 2001 con registro de datos (épocas) cada 30 segundos.
- Datos GPS de la estación de la Escuela denominada MERC en formato RINEX horario (una hora de observación por fichero y 24 ficheros al día) para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1998 y el 31 de diciembre de 2001 con registro de datos cada 5 segundos.
- Efemérides precisas calculadas por el IGS en formato SP3 diario para el periodo comprendido entre el 31 de diciembre de 1997 y el 1 de enero de 2002 para asegurar la cobertura total a todos los datos GPS anteriores.
- Efemérides transmitidas combinadas del IFAG en formato RINEX diario para el mismo periodo de observación que los datos GPS. Estas efemérides son una combinación de ficheros de efemérides transmitidas.

das que realiza el IFAG alemán para disponer de las órbitas de los satélites para toda Europa.

- Ficheros de salida de resultados de los análisis de calidad realizados a los ficheros de datos GPS de las estaciones permanentes del IGS.

Todos los datos, excepto los de la estación GPS de la Escuela, se encuentran alojados en servidores FTP de carácter público. La estación GPS de la escuela disponía de servidor FTP pero se desactivó de forma casi permanente. Todos los datos tienen un tamaño final de aproximadamente 27 Gb. El volumen de datos tan grande que había que manejar hizo que fuera necesario automatizar el proceso de descarga. La solución adoptada fue la creación de archivos de procesos por lotes de MSDOS y la programación de SCRIPTS.

Se diseñó un programa para la descarga de todos los datos, enumerados arriba, directamente del servidor del CDDIS (Crustal Dynamics Data Information System). En este servidor FTP estaban contenidos todos los ficheros necesarios para el proyecto. Fueron necesarias muchas horas de descarga continua. Se tuvo que lanzar el proceso repetidas veces; una vez por año y estación GPS. Los datos GPS de la estación de la Escuela estaban disponibles en CD de datos y en el servidor, por tanto, sólo fue necesario hacer una copia de los mismos.

### Preparación de datos y control de calidad

Obtenidos todos los ficheros, se prepararon convenientemente para el cálculo y se comprobó la calidad de los mismos.

En cuanto a las observaciones GPS, se debían obtener ficheros RINEX diarios con registro de datos cada 30 segundos para las tres estaciones MERC, VILL y MAD2. Con esto se perseguía la homogenización de todos los datos GPS. Los ficheros de las estaciones GPS del IGS están alojados normalmente en los servidores FTP doblemente comprimidos; primero se comprimen con el algoritmo de compresión de Hatanaka (Compact RINEX) y posteriormente se comprimen en formato ZIP. Por lo tanto, para obtener un fichero RINEX puro se debe realizar este proceso pero a la inversa. Los ficheros de VILL y MAD2 corresponden a 24 horas de observación cada uno y con registro cada 30 segundos. Por tanto, sólo fue necesario descomprimirlos. Los ficheros de la estación de la Escuela se encontraban comprimidos en formato ZIP, como ficheros horarios con registro de épocas cada 5 segundos. Para obtener los ficheros RINEX sin comprimir en formato diario con registro de épocas cada 30 segundos se tuvieron que descomprimir primero y seguidamente se unieron con la aplicación TEQC, ayudados de un proceso por lotes, y después de esto se remuestrearon con el mismo programa, para que el registro de épocas fuera de 30 segundos.

Por último, se realizó un control de calidad de todos los ficheros de MERC con el programa TEQC, eliminando los ficheros que no cumplían con los criterios de calidad. Se eliminaron 19 ficheros.

### Elección del programa de procesamiento de líneas-base GPS más adecuado al proyecto

Con el fin de elegir un programa de procesamiento de líneas-base GPS para el posterior cálculo de todas las líneas base del proyecto, se analizaron los disponibles en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica de Madrid, a saber: AOSS (Ashtech Office Suite for Survey) de la casa Ashtech, GPSurvey de la empresa Trimble y SKI-PRO de Leica Geosystems.

Cada uno de estos programas es lo suficientemente válido para las aplicaciones a que se destinaron en el momento de su desarrollo. La elección de un programa u otro responde a una serie de criterios de precisión, funcionalidad, velocidad de cálculo, facilidad de manejo, posibilidades de programación de macros, rendimiento, etc. La elección del programa se basó principalmente en las necesidades del proyecto.

Para realizar el estudio se tomó una muestra de un mes de datos GPS, correspondiente a enero de 1999, para las estaciones de VILL y MAD2. Se calcularon líneas-base diarias con los tres programas de cálculo. Se realizó un estudio de errores groseros con Microsearch Geolab, disponible también en la Escuela. Se compararon los resultados una vez eliminados estos errores y se obtuvieron resultados definitivos.

En el cálculo de líneas base con los tres programas, se eligieron unos parámetros de procesamiento iguales para los tres: máscara de elevación de 15 grados, efemérides precisas, fijar ambigüedades hasta 60 km en L1, tiempo mínimo para fijar ambigüedades en L1 de 9 minutos, tipo de solución fija sin ionosfera, modelo ionosférico calculado (distancia mínima 10 km, actividad ionosférica media), emplear modelo estocástico, intervalo de muestreo 30 segundos, modelo troposférico de Hopfield, detección de saltos de ciclo revisando fase y pérdidas de señal (aunque ya se haya revisado en el control de calidad), tiempo mínimo para datos comunes 300 segundos y longitud máxima de línea base de 65 km.

Para poder calcular un modelo ionosférico es necesario disponer de datos al menos durante dos horas. Esto no fue un problema, porque los ficheros eran diarios (24 horas de observación). Durante el cálculo de líneas base se tomó como referencia VILL, calculando líneas base de VILL a MAD2 para cada día del mes de datos. Las estaciones VILL y MAD2 disponen de coordenadas precisas en el ITRF2000 y se conoce el vector que las une con precisión milimétrica.

PROGRAMA	DISTANCIA CALCULADA			DIFERENCIAS: D(CALCULADA) - D(IGS)		
	AOSS	GPSurvey	SKI-PRO	AOSS	GPSurvey	SKI-PRO
PROMEDIO	25311,766	25311,766	25311,764	0,000	0,000	-0,002
RANGO	0,014	0,012	0,018	0,014	0,012	0,018
MÁXIMO	25311,771	25311,773	25311,774	0,005	0,007	0,008
MÍNIMO	25311,757	25311,761	25311,756	-0,009	-0,005	-0,010

Se calcularon todas las líneas-base y se realizó un ajuste por mínimos cuadrados de los resultados obtenidos con cada programa, haciendo uso del programa Geolab de Microsearch. Con este ajuste se pretendía eliminar los errores groseros que hubiera, para que la comparativa fuese más fiable. Seguidamente, se compararon los resultados obtenidos en cada caso con la distancia proporcionada por el IGS. Con ello se obtuvieron unos valores bastante significativos. La distancia proporcionada por el IGS es  $DIGS(VILL \rightarrow MAD2) = 25311,7664$  m. Con esta distancia y los resultados una vez depurados, se estableció la comparativa, obteniendo la tabla anterior.

Los promedios de las distancias calculadas con AOSS y con GPSurvey coinciden con la distancia del IGS tomada como patrón. En el caso de SKI-PRO difiere en 2 milímetros. El rango en el que nos estamos moviendo es de 14 mm para AOSS, 12 mm para GPSurvey y 18 mm para SKI-PRO. Esto indica que la dispersión es mayor para SKI-PRO que para los demás. AOSS y GPSurvey tienen unos valores muy similares; difieren 2 mm entre ellos.



En la gráfica se puede ver esto de una forma más visual. Como se puede apreciar, cada programa tuvo éxito en la resolución de ambigüedades para un número determinado de días. AOSS en este sentido es el que mejores resultados obtuvo, ya que resolvió ambigüedades en un número mayor de días. Se puede apreciar que las diferencias entre los tres programas de procesamiento de líneas base GPS son muy pequeñas. Están dentro del orden de precisión de los mismos.

Realmente, es sorprendente observar como las diferencias entre los valores del IGS y los calculados en este proyecto con programas GPS estándar son tan pequeñas. Siempre se ha asumido que la precisión en el cálculo de líneas es de al menos uno o dos centímetros. Esto se afirma en líneas con tiempos de observación de hasta una o dos horas, pero para estos cálculos las líneas base tienen tiempos de observación de 24 horas. A partir de dos horas de observación, se puede calcular un modelo de ionosfera para el vector correspondiente, incrementándose con ello la precisión notablemente.

Si además elegimos el modelo troposférico adecuado para el caso, aumentaremos aun más la precisión (en cinemático funciona bien el modelo de Saastamoinen, mientras que en estático son mejores modelos como el de Hopfield o Hopfield modificado). Es importante elegir unos buenos parámetros de procesamiento para llegar a la solución óptima.

En cada línea base pueden ser diferentes, en función del número de satélites, las pérdidas de señal, la actividad ionosférica, etc.

Estos resultados por sí solos son bastante significativos. Se ve claramente que la precisión de los tres programas es bastante buena. Hay diferencias en cuanto al número de líneas-base calculadas. AOSS es capaz de calcular un mayor número de líneas base a partir de los mismos datos. SKI-PRO en este sentido es el que menos vectores ha calculado satisfactoriamente. Si cambiáramos los parámetros de cálculo obtendríamos alguna solución más, pero esto no era viable en el estudio, ya que los resultados que se obtuvieran debían ser con los mismos parámetros de cálculo.

Tabla Comparativa		Valoración			Valoración x Peso		
Apartado	Peso	GPSurvey	AOSS	SKI-PRO	GPSurvey	AOSS	SKI-PRO
Precisiones	8	9	8	6	72	64	48
Éxito en la resolución de ambigüedades	5	6	7	5	30	35	25
Tiempo de ejecución del cálculo	4	4	8	6	16	32	24
Posibilidad de programar macros	2	2	8	2	4	16	4
Parámetros de procesamiento	3	7	7	6	21	21	18
Interrelación usuario-programa	2	5	8	8	10	16	16
Herramientas	2	7	8	7	14	16	14
Facilidad de manejo	1	7	8	9	7	8	9
<b>TOTALES</b>					<b>174</b>	<b>208</b>	<b>158</b>

En la elección final de programa de cálculo GPS, además de los criterios de precisión se eligieron otros, como se puede apreciar en la tabla anterior. Se valoraron una serie de aspectos muy útiles para el desarrollo del trabajo, pero primando siempre la precisión de los programas. Los distintos apartados se ponderaron en función de su importancia.

Finalmente, observando las puntuaciones finales de los tres programas, se escogió AOSS para el procesamiento de todas las líneas-base GPS (208 puntos frente a los 174 de GPSurvey y a los 158 de SKI-PRO).

### Cálculo de líneas-base

Se calcularon tres líneas-base diarias para el periodo comprendido entre los años 1998 y 2001, ambos incluidos, entre las estaciones GPS de VILL, MAD2 y MERC. Los parámetros de procesamiento utilizados fueron muy parecidos a los utilizados en la fase de elección del programa de procesamiento. El cálculo se realizó mediante una serie de proyectos por meses de observación. Se creó un proyecto patrón y, a partir de él, se



## Digi3D

Estación de fotogrametría digital

## TopCal21

Cálculos topográficos

## MDTop

Modelos digitales del terreno

## AeroTri

Programa de aerotriangulación

# PLAN REMOVE

CAMBIA CUALQUIER TOPCAL  
DE MS-DOS, CON O SIN  
LLAVE, POR EL NUEVO  
TOPCAL21 PARA WINDOWS,  
LLENO DE NOVEDADES,  
POR SÓLO 600 €

[www.digi21.net](http://www.digi21.net)

902 21 51 21

Ctra. Canillas 138  
2ª planta, oficina 16 C  
28043 Madrid.

generaron todos los proyectos mensuales. Una de las razones de elegir AOSS es que permite realizar procesos BATCH, lo que simplificó los trabajos de cálculo, pudiendo procesar series de proyectos mensuales seguidos. El número de proyectos mensuales que se pudieron calcular a la vez estuvo sujeto a las prestaciones y capacidad del ordenador con que se realizó el cálculo. Posteriormente, se revisaron todas las líneas base calculadas y se recalcularon aquellas que lo necesitaban mes a mes.

Se diseñó una "macro", con el interprete de macros de Terrasat, para que la salida de resultados fuese la deseada. Se simplificó así un proceso largo y tedioso que hubiese llevado muchas horas de modificaciones y equivocaciones.

El resultado de esta fase fueron tres líneas base para cada día de observación, en formato de Geolab, listas para el siguiente cálculo.

### Ajuste de coordenadas semanales en el ITRF2000

En esta fase se obtuvieron soluciones semanales para las líneas-base calculadas en la fase anterior. En ella se obtuvieron soluciones diarias de los tres vectores VILL  $\rightarrow$  MAD2, VILL  $\rightarrow$  MERC y MAD2  $\rightarrow$  MERC. Esto se consiguió gracias a una serie de ficheros de observaciones GPS de 24 horas.

Todas estas soluciones hubo que ponerlas en un formato adecuado para realizar el ajuste que pretendíamos, esto es, una solución por cada semana GPS. Con estos resultados se podría discernir el posible movimiento. Con un ajuste por semana es suficiente para nuestro propósito; menos de esto sería exagerado, dado el movimiento que queremos detectar (pocos centímetros al año), y más tiempo podría ser insuficiente para ajustar posteriormente una recta de regresión (por ejemplo, soluciones mensuales). Por otro lado, casi todos los organismos internacionales han escogido este intervalo temporal para cálculos de soluciones ajustadas porque da muy buenos resultados experimentalmente hablando.

El programa que se utilizó para realizar los ajustes fue el programa de ajuste de redes GeoLab, disponible en la Escuela.

Una parte inicial consistió en realizar un **ajuste para cada semana GPS** fijando un único punto (VILL) para detectar y eliminar los posibles errores groseros. Las matrices de varianzas covarianzas de líneas base GPS se pueden determinar usando ciertos modelos funcionales, formulados de acuerdo con las propiedades de los errores de la Topografía con GPS o directamente del procesamiento de líneas base GPS. En el ajuste por MMCC de redes GPS, cuando se usan matrices de varianzas covarianzas de líneas-base obtenidas del procesamiento de dichas líneas base, es una práctica común escalar las matrices usando ciertos factores de escala que son normalmente muy optimistas. Mediante un método conocido como de "estimación de la componente de varianza", se pueden escalar las matrices de varianzas covarianzas para que sean mas equilibradas. Mediante este método se tomó el valor de la varianza de referencia a

posteriori y se comparó con el de la varianza de referencia a priori. Esto nos dio una idea de si el valor dado en un principio para los errores de las observaciones había sido optimista o pesimista. En función de la relación de las dos varianzas se escalaban las matrices de varianzas covarianzas de las líneas base y, por tanto, los pesos de las observaciones.

Una segunda parte consistió en el **ajuste de una red libre** con los cuatro años fijando un único punto, VILL. Con esto se aseguraba el buen funcionamiento de la red con los pesos asignados semanalmente. Obtuvimos tantos puntos como semanas GPS para los dos puntos de nuestra red no fijos. Las coordenadas asignadas a los puntos fijos VILLxxxx (xxxx = numero de semana GPS) fueron las mismas.

Estas dos primeras partes sirvieron para determinar la precisión interna de la red y para depurar errores. Una tercera parte fue la que se vino a denominar **ajuste constreñido**, en la que se asignaron coordenadas precisas en función de la semana GPS para los dos puntos VILL y MAD2. De esta forma obtuvimos coordenadas precisas en el ITRF2000 para MERC cada semana GPS. Con este último ajuste se pudo realizar, en la siguiente fase del proyecto, un estudio que tenía por fin determinar un campo de velocidades para la estación de referencia de la escuela.

### Ajuste de rectas de regresión introduciendo el método de Estimadores Robustos

Una vez obtenidas las coordenadas semanales ajustadas en el ITRF2000, se procedió a realizar un ajuste por el método de MMCC, que se complementó introduciendo el estimador robusto de la Mínima Suma modificado.

Este estimador es una combinación del método de Huber con el de la Mínima Suma. Permite detectar y aislar de forma clara y rápida (en pocas iteraciones), como se pudo comprobar al realizar el ajuste, las observaciones aquejadas de errores groseros. Las aísla asignándolas un peso mucho más bajo que al resto de las observaciones. De esta forma no es necesario inicialmente eliminar ninguna observación para obtener un resultado satisfactorio. Con el método de Estimadores Robustos se persigue castigar a las observaciones con residuos más altos para que su influencia en el ajuste sea menor, asignando mayor peso a las mejores observaciones.

Se ajustó una recta de regresión por cada coordenada en el sistema de referencia cartesiano geocéntrico ( $X, Y, Z$ ). El ajuste inicial presentó unos resultados bastante buenos. Aun así, se introdujo el método de Estimadores Robustos en el ajuste para obtener una mayor precisión. Con este método se tiene que iterar varias veces hasta la convergencia del ajuste. Los criterios de convergencia fijados fueron de 0,0001 m y 0,0001 m/año en cada coordenada y velocidad respectivamente.

Durante los ajustes se pudo ir viendo la distribución de los residuos. Se pudo observar que algunos residuos se incrementaron notablemente,

haciendo que el peso asignado por la función de pesos cada vez fuera menor; haciendo que la influencia de la observación en el ajuste se redujera notablemente. Bien es cierto que los residuos obtenidos en cada caso no fueron excesivamente grandes, por lo que los pesos no se vieron fuertemente disminuidos. Esto hubiera ocurrido si se hubiese tratado de errores groseros, pero se debe recordar que los datos de partida para este ajuste fueron los resultados de ajustes semanales realizados con líneas base diarias (24 horas de observación) durante una semana completa en cada ocasión. Por tanto, los errores groseros ya se habían ido depurando antes.

Se ajustaron las tres coordenadas con una precisión bastante aceptable. Con estos resultados se pudo asignar un campo de velocidades a la estación de referencia MERC.

**Determinación del campo de velocidades de MERC y líneas de tendencia**

El ITRF2000 es el último Marco de Referencia Internacional Terrestre calculado por el IERS a partir de 54 estaciones permanentes, repartidas estratégicamente por todo el mundo, que además cumplen unas condiciones muy estrictas en cuanto a calidad de datos, temporalidad de los mismos, estabilidad, etc., y que constituyen la red básica, en la que posteriormente se apoyaron el resto de subredes a nivel regional o local. Se definió como época de referencia el 1 de enero de 1997 (1997.0). Así mismo, se calcularon velocidades anuales para todos sus puntos. Es el actual sistema geodésico de referencia empleado a nivel internacional en Geodesia y Geofísica para aplicaciones de precisión.

Todas las estaciones que forman parte del ITRF2000 llevan asociado un campo de velocidades, debido a su movimiento a nivel global. El DATUM es fijo, mientras que las placas continentales sufren movimientos de traslación y rotación unas respecto de otras y respecto de ese DATUM. El proyecto se ha basado en el ITRF2000 para determinar las coordenadas y velocidades de MERC.

*Coordenadas y velocidades asociadas ajustadas en el ITRF2000*

Las siguientes tablas muestran las coordenadas ajustadas en el ITRF2000 de la estación permanente de la escuela denominada MERC con su campo de velocidades asociado.

Iteración	V <sub>x</sub>	X	σ <sub>v<sub>x</sub></sub>	σ <sub>x</sub>	Coef. de correlación	σ <sub>0</sub> <sup>2</sup>
<b>Ajuste inicial</b>	-0,0106	4855597,0822	0,0009	0,0028	-0,917535147	29,3784
<b>1ª</b>	-0,0105	4855597,0821	0,0002	0,0008	-0,954048527	0,9683
<b>2ª</b>	-0,0104	4855597,0820	0,0002	0,0008	-0,954181240	0,9680
<b>3ª (final)</b>	<b>-0,0103</b>	<b>4855597,0819</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0008</b>	<b>-0,954666554</b>	<b>0,9603</b>

**AJUSTE DE LA COORDENADA X**

Iteración	V <sub>y</sub>	Y	σ <sub>v<sub>y</sub></sub>	σ <sub>y</sub>	Coef. de correlación	σ <sub>0</sub> <sup>2</sup>
<b>Ajuste inicial</b>	0,0192	-308042,8245	0,0003	0,0010	-0,915374506	16,6184
<b>1ª</b>	0,0194	-308042,8248	0,0001	0,0004	-0,911388923	0,8731
<b>2ª</b>	0,0196	-308042,8251	0,0001	0,0004	-0,916517780	0,8627
<b>3ª</b>	0,0197	-308042,8252	0,0001	0,0004	-0,921733034	0,8570
<b>4ª</b>	0,0198	-308042,8251	0,0001	0,0004	-0,921636645	0,8528
<b>5ª (final)</b>	<b>0,0198</b>	<b>-308042,8250</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0004</b>	<b>-0,921777332</b>	<b>0,8496</b>

**AJUSTE DE LA COORDENADA Y**

Iteración	V <sub>z</sub>	Z	σ <sub>v<sub>z</sub></sub>	σ <sub>z</sub>	Coef. de correlación	σ <sub>0</sub> <sup>2</sup>
<b>Ajuste inicial</b>	0,0103	4111481,4233	0,0007	0,0021	-0,917014345	23,2278
<b>1ª</b>	0,0104	4111481,4227	0,0002	0,0007	-0,949315496	0,9779
<b>2ª</b>	0,0106	4111481,4220	0,0002	0,0007	-0,949742071	0,9662
<b>3ª</b>	0,0107	4111481,4213	0,0002	0,0007	-0,948221198	0,9584
<b>4ª</b>	0,0109	4111481,4205	0,0002	0,0006	-0,944811195	0,9539
<b>5ª</b>	0,0110	4111481,4198	0,0002	0,0006	-0,945543226	0,9501
<b>6ª (final)</b>	<b>0,0112</b>	<b>4111481,4192</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0006</b>	<b>-0,945611909</b>	<b>0,9500</b>

**AJUSTE DE LA COORDENADA Z**

	COORDENADAS (m)	VELOCIDADES (m/año)	DESVIACIONES TÍPICAS (m) y (m/año)	
<b>X</b>	4855597,0819	-0,0103	0,0008	0,0002
<b>Y</b>	-308042,8250	0,0198	0,0004	0,0001
<b>Z</b>	4111481,4192	0,0112	0,0006	0,0002

**COORDENADAS CARTESIANAS EN EL ITRF2000**

	COORDENADAS (m)	VELOCIDADES (m/año)	DESVIACIONES TÍPICAS (m) y (m/año)	
<b>X</b>	446527,8844	0,0197	0,0004	0,0001
<b>Y</b>	4471164,7897	0,0149	0,0002	0,0001
<b>h</b>	727,0135	-0,0009	0,0015	0,0003

**COORDENADAS CARTESIANAS EN EL ITRF2000**

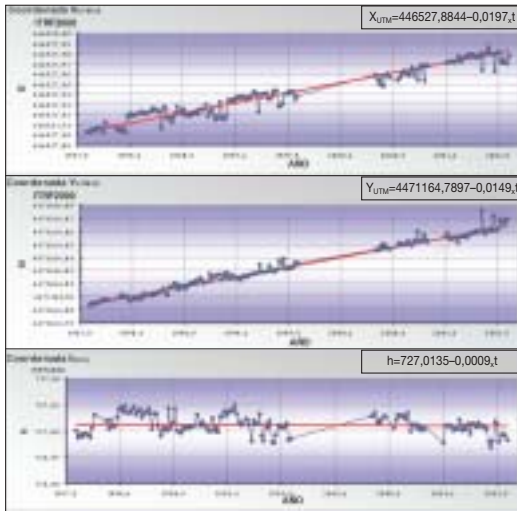
En la segunda columna están las coordenadas XYZ de MERC, en la tercera columna la variación anual de esas coordenadas en m/año, en la cuarta columna las desviaciones típicas de las coordenadas y en la quinta columna las desviaciones típicas de las variaciones anuales, dadas también en m/año. Estas coordenadas son válidas para el 1 de enero de 1997 a las 0:00 am (1997.0). Para cualquier otra época deberemos sumarle el incremento de coordenadas obtenido a partir de las componentes de la velocidad.

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix}_t = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}_{t_0} + \begin{bmatrix} V_x \cdot (t - t_0) \\ V_y \cdot (t - t_0) \\ V_z \cdot (t - t_0) \end{bmatrix}$$

El modo de obtenerlas es bastante sencillo, aplicando la ecuación anterior, en la que  $X_i, Y_i, Z_i$  son las coordenadas a determinar en la época deseada,  $X_0, Y_0, Z_0$  son las coordenadas de MERC iniciales ajustadas para la época 1997,0,  $V_x, V_y, V_z$  son las componentes de la velocidad,  $t$  es el tiempo de la época en la que se quieren calcular las coordenadas y  $t_0$  es la época 1997,0.

**Líneas de tendencia**

Se obtuvieron unas gráficas que muestran el movimiento de la estación MERC desde el 1 de enero de 1997 hasta el 31 de diciembre de 2001. En ellas están representadas las rectas ajustadas para cada serie de datos. Se puede apreciar el movimiento de la estación de una manera más intuitiva, pudiendo determinar cuál es el movimiento en planimetría y cuál en altimetría de forma visual. En rojo se marca la línea de tendencia y en azul las coordenadas ajustadas semanalmente. En la esquina superior derecha de cada gráfica se puede apreciar la ecuación de la línea de tendencia. En el eje de abscisas se representa la línea de tiempo en años y en el de ordenadas la componente  $x, y$  o  $h$ .



**Comparación del nuevo campo de velocidades con el de las estaciones permanentes del ITRF**

A continuación se realizó una comparación del campo de velocidades de MERC con el de las estaciones del IGS. Dado que las tres estaciones están muy próximas, los movimientos anuales deben ser similares.

En la tabla se reflejan las coordenadas ajustadas de las estaciones de referencia VILL, MAD2 y MERC en el Marco de Referencia Internacional

Código	X/V <sub>x</sub>	Y/V <sub>y</sub>	Z/V <sub>z</sub>	σ <sub>X</sub> /σ <sub>V<sub>x</sub></sub>	σ <sub>Y</sub> /σ <sub>V<sub>y</sub></sub>	σ <sub>Z</sub> /σ <sub>V<sub>z</sub></sub>
VILL	4849833,7860	-335049,1860	4116014,8400	0,0020	0,0010	<b>0,0020</b>
	-0,0099	0,0200	0,0111	0,0005	0,0002	<b>0,0005</b>
MAD2	4849202,4620	-360329,0810	4114913,0830	0,0070	0,0030	<b>0,0060</b>
	-0,0076	0,0196	0,0129	0,0005	0,0002	<b>0,0005</b>
MERC	4855597,0819	-308042,8250	4111481,4192	0,0008	0,0004	<b>0,0006</b>
	-0,0103	<b>0,0198</b>	<b>0,0112</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0002</b>

Terrestre ITRF2000 con sus velocidades asociadas y desviaciones típicas. Se puede observar que las velocidades de traslación de las tres estaciones son muy similares. Entre VILL y MERC la diferencia de velocidad en  $X$  es de 0,4 mm/año, en  $Y$  es de 0,2 mm/año y en  $Z$  de 0,1 mm/año. Con respecto a las diferencias entre MAD2 y MERC se puede advertir que son del orden de 2,7 mm en  $X$ , 0,2 mm en  $Y$  y 1,7 mm en  $Z$ . Al estar las tres estaciones en un entorno muy próximo, las velocidades deben ser, a efectos prácticos, iguales. Como la máxima diferencia de velocidad entre VILL y MERC es de 4 décimas de milímetro al año y entre MAD2 y MERC de 2,7 mm/año, **se puede deducir que no existe movimiento diferencial**, dado que la precisión con la que se han obtenido esas velocidades es del mismo orden que el movimiento diferencial entre ellas.

**Comparación del campo de velocidades de MERC con el modelo geofísico de deriva continental NNR-NUVEL-1A**

El modelo geofísico de deriva continental NNR NUVEL 1 A es el modelo adoptado como estándar por el IERS desde 1995. En él se definen para cada placa continental un polo de rotación y una velocidad angular. Para cada punto de la placa se definirá, por tanto, una velocidad. Esa velocidad viene definida, a su vez, por sus dos componentes en latitud y longitud. Diversos organismos internacionales ponen a disposición del usuario programas que calculan la velocidad de cualquier punto contenido en cualquier placa continental. En estos programas se tiene que definir la placa continental sobre la que se va a realizar el cálculo y las coordenadas geodésicas del punto objeto de interés. En este caso, la placa es la Euroasiática y las coordenadas introducidas son las de MERC. Los valores de velocidad que se obtienen son 0,0156 m/año en latitud y 0,0187 m/año en longitud.

°	VELOCIDAD	
	Latitud	Longitud
NNR-NUVEL-1A	0,0156	0,0187
Campo de velocidades de MERC	0,0149	0,0197
DIFERENCIA	<b>0,0007</b>	<b>-0,0010</b>

Si los comparamos con los resultados obtenidos para el campo de velocidades de MERC, obtenemos los resultados mostrados en la tabla. En ella se muestran los valores de velocidad según el modelo NNR-NUVEL-1 A y según el campo de velocidades obtenido para MERC en este proyecto. En la última fila se puede apreciar que las diferencias son de un milímetro o inferiores. Estas diferencias son muy pequeñas, del or-

den de precisión con que se han obtenido las componentes de velocidad de MERC en el ITRF2000. **Con estos hechos se puede admitir que el campo de velocidades calculado para la estación permanente GPS de la Escuela se ajusta al modelo de deriva continental NNR-NUVEL-I A.**



Gráfico comparativo de velocidades entre el modelo NNR-NUVEL 1 A y los campos de velocidades asociados a las distintas estaciones de referencia en el ITRF2000

El gráfico anterior muestra las tres estaciones permanentes MAD2, VILL y MERC en las que se representan los campos de velocidades asociados y los obtenidos del NNR-NUVEL-I A.

En azul se representa el campo de velocidades asociado a cada estación y en rojo el referente al modelo de deriva continental geofísico. Se han escalado las líneas de tendencia, tal que 1cm en el terreno equivale a 10 km en el gráfico.

### CONCLUSIONES

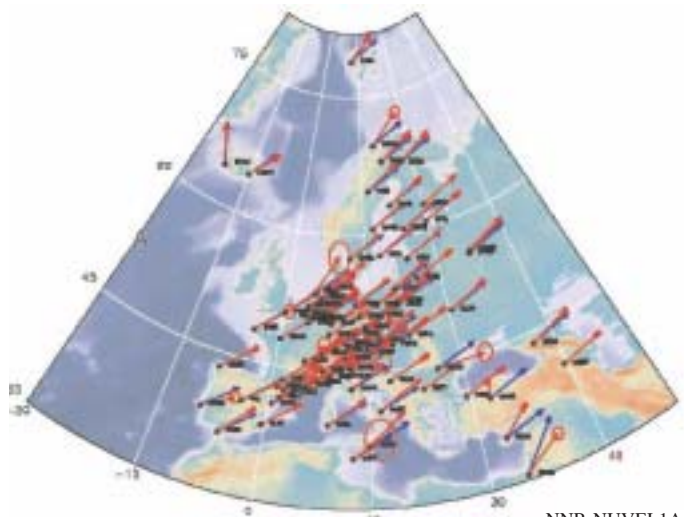
Como se puede valorar en las gráficas, los datos tienen una dispersión bastante pequeña. Ello se ha obtenido gracias a que se contaba con una alta redundancia de datos para obtener cada solución semanal. Este hecho ha sido significativo a la hora de obtener un producto final, esto es, el campo de velocidades y las coordenadas ajustadas para la época 1997.0. Comparando estos productos finales con los del IGS, se ha podido concluir que están dentro del mismo orden de magnitud, tanto en velocidades, en sus tres componentes, como en precisiones. Este hecho ha sido demostrado comparando los resultados obtenidos para MERC con las dos estaciones permanentes del IGS denominadas MAD2 y VILL. Como se ha visto, las diferencias en cuanto a velocidades estaban dentro del orden de magnitud de las desviaciones es-

tándar y, por tanto, no son significativas. Por otro lado, la comparación del producto final con el modelo geológico de deriva continental denominado NNR-NUVEL-I A ha demostrado que las diferencias son mínimas o similares a las de las otras estaciones con este modelo. Por tanto, con estos resultados podemos afirmar que se concluyó este proyecto satisfactoriamente.

Se aplicaron metodologías adecuadas, exigidas previamente en un Pliego de Condiciones diseñado a tal fin, y se obtuvo un producto final con una precisión del mismo orden que el de las estaciones del Marco de Referencia Internacional Terrestre. Por tanto, esta metodología funciona y es aplicable a proyectos similares.

Para llevar a cabo la ejecución de un proyecto de estas características es necesario partir de datos de buena calidad. Por tanto, hacer análisis de calidad de los ficheros de observaciones GPS con una metodología adecuada se toma imprescindible. La experiencia ha demostrado que el uso del programa TEQC es una buena solución para este problema. Asimismo, es muy importante la elección del programa de cálculo GPS. En este caso se ha utilizado el programa AOSS, que ha dado los resultados esperados, aunque también se podría haber utilizado cualquiera de los otros dos disponibles, con resultados similares o al menos dentro del mismo orden. El uso de estos programas es puramente práctico, ya que la escuela no dispone de otros. Hubiera sido más apropiado utilizar algún programa de tipo semidinámico, como los que utilizan organismos internacionales para desarrollar este tipo de trabajos, programas tales como GIPSY-OASIS, BERNESE, etc.

Aspectos importantes en el cálculo de líneas base han sido el uso de efemérides de precisión calculadas por el IGS y utilizar 24 horas de observación para el cálculo de cada línea base diaria, con lo que se han podido utilizar modelos ionosféricos calculados en vez de los modelos estándar. Además, como hay datos en todas las horas del día, el efecto *multipath*, si lo hubiese, se vería enormemente reducido.



NNR-NUVEL1A

La automatización de tareas ha sido necesaria en algunas fases, dado el volumen de información. Gracias al programador de macros de AOSS, se ha podido ahorrar mucho tiempo y esfuerzo. En otras fases, como la descarga de datos de Internet y la preparación de los mismos, el programar procesos por lotes o servirse de la programación en algún lenguaje del estilo de C++ ha resultado ser muy útil y en muchos casos necesario.

La introducción de Estimadores Robustos en el ajuste ha resultado ser un método muy adecuado y un complemento óptimo para la obtención del resultado final.

Por último, queda decir que el campo de velocidades obtenido en este proyecto es válido para el tiempo de observación, que está comprendido entre el 1 de enero de 1998 y el 31 de diciembre de 2001. Calcular coordenadas de MERC fuera de este periodo supone extrapolar. Esta extrapolación se puede realizar con ciertas garantías en un entorno próximo porque la tendencia del movimiento de la estación de la Escuela ha quedado bien definida. Además, la velocidad tiene una precisión de aproximadamente un orden mayor frente a las coordenadas en la época de referencia. Esto hace suponer que aunque el error vaya aumentando a medida que nos alejamos de la serie, el incremento de este error no será muy significativo en un entorno de varios años fuera del intervalo de la serie de datos. Si la estación MERC no sufre cambios bruscos en la posición de la antena, se puede garantizar una tendencia igual o muy similar a la calculada.

## REFERENCIAS

### Libros

- Leick A (1995), *GPS Satellite Surveying*. John Wiley Ed., 2ª edición.
- Seeber, G. (1993). *Satellite Geodesy*. Walter de Gruyter and Co.
- Strang, G. *Linear Algebra, Geodesy and GPS*.
- Jekeli, C. *Inertial Navigation Systems with Geodetic Applications*. Walter de Gruyter Ed. (Berlín) New York 2001.
- Colomina Fosch, I. y Sanz Subirana, J. *Documentación del curso de Tratamiento preciso de Datos GPS*. Instituto de Geomática, Barcelona, octubre de 2001.
- Manual de usuario del programa Microsearch Geolab 3.
- Manual de usuario del programa AOSS (Ashtech Office Suite for Survey).
- Manual de usuario del programa Ski-Pro de Leica.
- Manual de usuario del programa GPSurvey de Trimble.

### Publicaciones y Artículos

- Oteri, K. y Waterston, J. *Adaptative Antenna Approach for GPS Multipath Mitigation*, EE373 A/B – Stanford University 15.06.2001.

- González Aguilera, D. *Métodos de estimación clásicos y robustos en fotogrametría*, Dpto. de Ingeniería Cartográfica y del Terreno (E.P.S. de Ávila) 26.12.2002.
- González Aguilera, D. *Consideraciones sobre el Análisis de la Fiabilidad en el Patrimonio Edificado*, ISSN 1597-0223.
- Domingo Preciado, A. *Investigación sobre los Métodos de Estimación Robusta aplicados en los problemas fundamentales de la Fotogrametría*, Topografía y Cartografía, Vol. XVII, n. 100, septiembre-octubre 2000.
- Domingo Preciado, A. *Aplicación de las Técnicas de Estimación Robusta en algunos problemas fotogramétricos*, Topografía y Cartografía, Vol. XVIII, nros. 104, 104 y 105, marzo-agosto 2001.
- Lunar González, M.M. *Estimadores Robustos*, Profesor Titular jubilado de la Universidad de Zulia (Venezuela).
- Schade, H. *Reduction of systematic errors in GPS-based Photogrammetry by Fast Ambiguity Resolution Techniques*, Institute of Photogrammetry (University of Stuttgart).
- Altamimi, Angermann, Argus, Blewitt y otros. *The International Terrestrial Reference Frame*, The ITRF Working Group.
- Argus, D. y Gordon, R. *No-net rotation model of current plate velocities incorporating plate motion model NUVEL-1*, 1991.
- Boucher, C. y Altamimi, Z. *Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign*, 12.04.2001.
- Soler, T. *On differential transformations between Cartesian and curvilinear (geodetic) coordinates*, Report n° 236 of Department of Geodetic Science (NASA).
- Sovers y Border. *Observation Model and Parameter Partial for the JPL Geodetic GPS Modeling Software "GPSOMC"*, Publication 87-21 Rev. 2, Jet Propulsion Laboratory (NASA), Pasadena, California, June 15, 1990.
- Unidad Docente de Matemáticas del Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartográfica (EUIT Topográfica, UPM). *Estadística*, Madrid, octubre de 1997.

### Páginas Web

- Crustal Dynamics Data Information System (CDDIS). <http://cddis.gsfc.nasa.gov>
- National Geodetic Survey/CORS. <http://www.ngs.noaa.gov/CORS>
- Global Positioning System-Working Group at the University of Alberta. <http://rmpgsjg.forsci.ualberta.ca/gpswork.htm>
- <http://earth.nasa.gov>
- Ashtech, <http://www.ashtech.com>
- University of Colorado. <http://www.colorado.edu>
- The International Earth Rotation Service. <http://www.iers.org>
- Jet Propulsion Laboratory, NASA. <http://jgscb.jpl.nasa.gov>
- IFAG Aleman, <http://www.ifag.de>
- IGN frances, <http://www.ign.fr>
- UNAVCO, <http://www.unavco.ucar.edu>
- NRCAN, <http://www2.geod.nrcan.gc.ca>
- <http://www.postdam.ifag.de> ■

# El mejor cartógrafo andalusí y su paradójica descripción de Granada

Mario Ruiz Morales  
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

Como es sabido, la ciencia musulmana alcanzó su apogeo durante la Edad Media, al contrario que su homólogo cristiana que experimentó un serio retroceso en el mismo periodo histórico. Igualmente notoria es la influencia de la Biblia en la mayoría de los mapas cristianos de aquella época, tan inspirados en el esquema isidoriano. No es pues extraño que las imágenes musulmanas del territorio destacaran sobre sus homólogas cristianas, al enlazar con la tradición griega, por su postrera dirección de la Biblioteca de Alejandría y gracias a sus buenas relaciones con el Imperio de Bizancio, sin olvidar, por supuesto, que contaban con el aliciente de creer firmemente que la Geografía era una ciencia agradable para Alá.

El geógrafo y cartógrafo musulmán por excelencia fue al Idrisi que, aunque nacido en Ceuta (1099 ó 1100), puede ser considerado hispánico en cuanto que su bisabuelo, Idris II, fue rey de taifas en Málaga y su padre se refugió en la ciudad africana tras la conquista de Málaga por el rey de Granada, teniendo en cuenta, por otro lado, que su bagaje intelectual principal lo adquirió siendo estudiante de la Universidad de Córdoba. La alta alcurnia de su linaje califal (el de los Hamudíes) hizo que fuese también conocido como *al Sharif* (el noble).

Algunos autores sostienen que quizás fuese esa condición la que influyó poderosamente sobre el rey normando Roger II para que éste lo invitara a su corte de Palermo, pensando que así se verían favorecidas sus pretensiones de extender sus dominios al Mediterráneo occidental. Fuera ése el motivo o el gran interés del rey por la ciencia, particularmente por la astronomía y las matemáticas, lo cierto es que al Idrisi, ya reputado geógrafo, se afincó en aquel reino durante más de veinticinco años, justamente hasta que, hacia 1165, decidió pasar sus últimos días en su ciudad natal.

El afán del rey por conocer la latitud y longitud de cada una de las ciudades del mundo, así como la distancia existente entre ellas, hizo que rápidamente le encargase al sabio musulmán una detallada representación de todo el territorio conocido. Al Idrisi formó un equipo con otros

geógrafos de la corte y estableció un plan de trabajo con tres etapas claramente diferenciadas. En la primera se recopiló toda la información de que se disponía, y que se había logrado no sólo por medio de los múltiples viajes realizados por al Idrisi, sino también gracias a la posición tan privilegiada que ocupaba en el reino, la cual le permitía interrogar a cuantos viajeros pasaban por la corte, además de tener acceso a la magnífica biblioteca del propio rey. Durante la segunda se dibujó el mapa sobre un soporte de madera y en la tercera se grabó sobre una base de plata. Desgraciadamente no se conservan ninguna de las dos plataformas. A todo ello añadió una esfera celeste, con sus constelaciones, también de plata. El resultado debió ser tan del agrado del rey que éste le regaló al autor toda la plata sobrante, además de mil piezas de idéntico metal, y un barco lleno de mercancías preciosas procedente de Barcelona.

Tan pronto como contempló Roger II su mapa de plata, dispuso la confección del texto complementario, que debía atenerse a un detallado pliego de condiciones, para llegar así a un verdadero *Compendium Geographicum*. El trabajo, ultimado durante el mes de enero de 1154, se tituló *Nuzhat-ul-mushtaki fi ichtiraki-l-áfaki* (*Recreo de quien debe recorrer el mundo*), aunque el propio al Idrisi prefiriera el título más breve de *Kitab al Rudjar* (*Libro de Roger*), con el que luego sería conocido. Esta obra geográfica es sin duda la más completa de la Edad Media desde varios puntos de vista: descriptivo, físico, humano y político; aunque también tenga que señalarse su falta de homogeneidad a la hora de emplear las unidades de medida asociadas a las distancias entre ciudades.

Al Idrisi finaliza la introducción del libro explicando las razones por las que le añade sus 70 mapas regionales (diez secciones para cada uno de los climas clásicos) y la relación de éstos con el texto, dejando así claramente establecido que los mapas eran el medio ideal para dar a conocer la información geográfica previamente descrita. No obstante, conviene indicar que en seis de los manuscritos de este *Libro de Roger* aparece también un pequeño mapa circular, orientado al Sur y con el océano primigenio perimetral, que no figura reseñado en el texto. Como los detalles representados en tal mapa son ligeramente diferentes



**Mapamundi de Al Idrisi. El Sur está en la parte superior (Bodleian Library. Oxford).**

de los vaciados en los setenta regionales, se supone que al Idrisi usó como patrón su mapa de plata ya comentado.

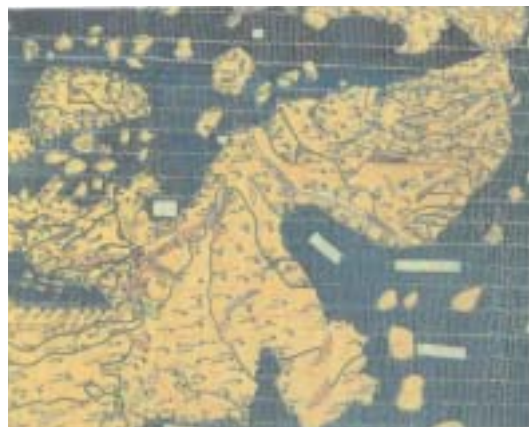
Cada uno de los mapas regionales presentaba la necesaria codificación, variable de unos manuscritos a otros. Los detalles hidrográficos se representan generalmente mediante líneas verdes o azules de un cierto grosor; la imagen del relieve es un conjunto de perfiles abatidos, aunque las montañas sean similares en su forma y tamaño, de un color dependiente también del manuscrito que se examine. La representación de las ciudades son torres o pequeños círculos, ya sean simples o más elaborados, en este segundo caso suelen adoptar la forma de rosetas con un centro rojo rodeado por pétalos dorados. Empleando la citada simbología aparece dibujada la Península Ibérica, con su entonces clásica imagen triangular; en los mapas 31, 32, 41 y 42; encontrándose en el primero de ellos la representación del antiguo Reino de Granada.

Desde el punto de vista de la cartografía matemática, estos mapas regionales son rudimentarios desarrollos cilíndricos, un tanto novedosos en cuanto que se alejaban, en cierta medida, de los cónicos incipientes atribuidos al gran Tolomeo. Al Idrisi logró alcanzar con estos mapas regionales una fiabilidad y una homogeneidad en la escala impensables para su época. El atlas así construido, tan simple como ambicioso, es, desde luego, el más significativo de toda la cartografía musulmana y medieval. El propio autor refiere que fue el mapa de la Tierra realizado por Tolomeo el que le sirvió de soporte para sus descripciones, mencionando asimismo las enseñanzas del sabio alejandrino; también cita otras fuentes en la introducción del libro y habla de diferentes autores en otras partes de su obra. Igualmente, se aprecia la influencia de la escuela de al Balkhí por la distribución y número de los mapas regionales que incorpora.

En cuanto a su difusión, fue un tanto restringida, hasta que se imprimió en Roma, en torno al año 1592, un resumen del libro y posteriormente se tradujo al latín y se editó en el año 1619 en París, con el título de *Geografía del Nubiense*. En todo caso, es natural que no saliera del círculo de los especialistas, hasta que fue dado a conocer por los orientistas a finales del siglo XIX. Son básicas las traducciones al francés de A. Jaubert (1836-1840. 2 v.), de K. Dozy y de M.J. Goeje (1866).

Ya antes había sido parcialmente traducida la obra al español por A. Conde (1799) en su *Descripción de España*, obra reeditada cincuenta años después por E. Chao. Apoyándose en los textos franceses, publicó E. Saavedra la *Geografía de España del Idrisi* (1881). Ya en el siglo XX (1901) aparece la *Descripción de España por Abu-Abd-Alla-al-Edrisi*, una traducción realizada por A. Blázquez. Finalmente, hay que mencionar la recopilación realizada y prologada por A. Ubieto, aparecida en el año 1974, con el título *Geografía de España*.

Es en el texto de A. Blázquez donde figura la provincia de Elvira, situado en ella a Granada "junto a Guadix, Almuñecar y otros muchos castillos y villas". Es cuando menos sorprendente que la imagen literaria de Granada ofrecida por al Idrisi, sea tan simple y pobre, sobre todo si se compara con las que da de las otras capitales andaluzas. La traducción que realiza Blázquez se limita a lo siguiente: "Esta villa está atravesada por un río llamado Darro. En medio corre el río de la nieve, que se llama Genil y que tiene su origen en la cadena de montañas llamadas Salair o montañas de la nieve". En cambio se refirió a Jaén en los términos siguientes: "Jaén es una linda ciudad cuyo territorio es fértil y donde todo se compra muy barato, en especial la carne y la miel. Hay en su jurisdicción más de 3.000 alquerías donde se crían gusanos de seda. La ciudad posee gran número de manantiales que corren por debajo de sus muros, y un castillo de los más fuertes, al que no puede llegarse sino por una senda muy estrecha...". Como posible explicación podría valer la de su conocimiento personal de ciudades como Almería, Córdoba o Málaga, de las que sí canta sus excelencias, sin embargo, aparecen obligadas preguntas tales como ¿No



**La Península Ibérica según Al Idrisi, el Sur en la parte superior de la imagen.**



**Enseña nazarí para localizar la ciudad de Granada en el Atlas de Cresques.**

conocería Granada? ¿No habría recabado más información sobre la misma? ¿Le pesaría demasiado el agravio sufrido por su padre, cuando tuvo que refugiarse en Ceuta tras conquistar Málaga el rey de Granada? En mi opinión, no es muy aventurado suponer que las difíciles relaciones de su familia con los monarcas granadinos mediatizaran su pensamiento, evitando cualquier tipo de alabanza, aún siendo conocedor de todos sus encantos, bien por sus visitas, si es que las hizo, o por referencias de viajeros, a las que tanto recurría.

La influencia de la obra de al-Idrisi sobre la producción geográfica y cartográfica posterior es naturalmente obvia en el caso de la musulmana. No por ello debe dejarse de señalar la que ejerció sobre el granadino Ibn Said, cuando éste escribió su *Extensión de la Tierra en su longitud y latitud* en la segunda mitad del siglo XIII, que influyó a su vez sobre la siguiente generación de cartógrafos. Igualmente notable es la que se constata sobre la familia al Sharafi al Sifaqsi, una verdadera dinastía de cartógrafos tunecinos, dedicada además a la enseñanza de las matemáticas y de la astronomía. Todavía se dejaba sentir su influjo en la primera mitad del siglo XIX, cuando aparece el mapa de al-Zayyani, historiador marroquí que aún seguía dividiendo su representación en setenta cuadrados, idénticos a los realizados por al Idrisi en su división regional.

No obstante, la existencia previa de su obra se deja sentir del mismo modo sobre los mapas realizados por los cartógrafos no musulmanes. Sólo citaremos dos ejemplos suficientemente significativos. El primero es la obra de Petrus Vesconte, afamado portulanista, en la que se dibujan las míticas fuentes del Nilo y, sobre todo, el continente asiático tal como había hecho al Idrisi 150 años antes. La segunda influencia aparece sobre el celebrado *Atlas Catalán* de 1375, debido al judío Abraham Cresques, algunos de cuyos detalles planimétricos, y textos descriptivos recuerdan a lo que se decía en el *Libro de Roger*. Precisamente, en este último atlas, el mejor de la Edad Media, aparece localizada Granada mediante un pendón rojo en cuyo fondo aparece en caracteres arábigos una abreviatura de uno de los símbolos nazaríes. ■

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

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

# Planificación y ejecución de Redes de Control de Calidad en Procesos Cartográficos: El Proyecto RGPA en el Principado de Asturias

Óscar Cuadrado

CENTRO DE CARTOGRAFIA AMBIENTAL Y TERRITORIAL DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS

Luis García-Asenjo

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

David Hernández, Alfonso Nuñez

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

## Resumen

*Los diferentes proyectos cartográficos desarrollados por el Gobierno Autónomo Asturiano a partir del año 2003 han exigido el establecimiento del oportuno control de calidad. Para ello se ha optado por densificar el marco de referencia definido por los vértices de la red REGENTE (Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales) existentes en el territorio asturiano, dando lugar a la denominada Red de Control de Procesos Cartográficos del Gobierno del Principado de Asturias (RGPA). La precisión del marco de referencia resultante permite las tareas posteriores de apoyo fotogramétrico, observación en campo de los puntos de control de calidad y las tareas de levantamientos cartográficos por topografía clásica a grandes escalas (1:1.000, 1:500, o inferiores). El presente artículo describe el proceso acometido para la obtención de la RGPA, las decisiones adoptadas y los resultados obtenidos*

## I. ANTECEDENTES

El proyecto RGPA, dirigido por el Centro de Cartografía Ambiental y Territorial del Gobierno del Principado de Asturias (CCATPA), ha sido desarrollado dentro de los trabajos de generación de ortofotografía a escala 1/5.000 de la totalidad del territorio asturiano, pasando en la actualidad a tener entidad propia dada la magnitud de los trabajos y los buenos resultados obtenidos durante su ejecución. Gracias a esta primera experiencia piloto desarrollada por el CCATPA ha sido posible contrastar el estado actual de la Red Regente en el Principado de Asturias, así como las precisiones medias proporcionadas por la ROI, mostrando unas precisiones que si bien son más que satisfactorias para el objetivo con el que fue creada (servir de apoyo en las labores de desarrollo del Mapa Topográfico Nacional) hoy en día se ha quedado un poco desfasada en cuanto a las precisiones exigidas en los proyectos de infraestructuras, ingeniería civil, labores de minería o como soporte a la generación de cartografía a escalas mayores (1/1.000, 1/500) que se están desarrollando en determinados concejos asturianos.

Por otro lado, el empleo de forma sistemática en las labores de toma de observaciones directas en campo mediante instrumental GPS, dado el ahorro importante en tiempos y costes, aconseja utilizar un marco de

referencia que proporcione precisiones similares a la facilitadas por este tipo de instrumental, con el objeto de no degradar el trabajo de campo para adaptarlo a un marco menos preciso. Es aquí donde se plantea el problema, dado que la Red Regente no es lo suficientemente densa como para adaptarse a las necesidades actuales de trabajo en cuanto a rapidez, facilidad de acceso, distancias mínimas de líneas base, etc., abordándose su densificación con un nuevo vértice dentro de cada triángulo formado por tres vértices oficiales.

## 2. NECESIDADES Y OBJETIVOS

Enmarcado dentro del proyecto principal *Generación de ortofotografía color 1/5.000 del Principado de Asturias*, se ha densificado la Red Regente implantada por el Instituto Geográfico Nacional recientemente. Los vértices que configuran esta Red, pertenecen además a la Red de Orden Inferior (ROI), disponiendo de coordenadas geodésicas en dos marcos de referencia básicos en la actualidad:

- ETRS89 - Elipsoide GRS80
- ED50 - Elipsoide Internacional de 1924.

Asturias es una comunidad autónoma con una orografía heterogénea. Se pueden encontrar suaves colinas en la rasa costera, las laderas del Suevo

y abruptas montañas en el macizo central de los Picos de Europa o las Ubiñas. Por tanto, la orografía es una variable fundamental a la hora de distribuir y afrontar la densificación de las redes geodésicas existentes.

Dadas las precisiones exigidas en el proyecto de generación de ortofotografía 1/5.000, así como el resto de proyectos cartográficos posteriores en los cuales se va a emplear el vuelo fotogramétrico generado (actualización de cartografía básica 1/5.000, revisión del modelo digital de elevaciones existente, proyecto SIGPAC - Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas, etc.), la solución adoptada por el CCATPA ha sido enlazar todos los trabajos previos a la ortofotografía con la única Red Geodésica existente en el estado español que proporciona estas precisiones, la Red Regente.

El empleo de la Red Regente a través de sus coordenadas en el sistema ETRS89 exclusivamente como marco de referencia va a permitir conseguir las precisiones exigidas, a la vez que permite calcular los parámetros de transformación para adecuar este trabajo al sistema de referencia oficial en la actualidad (ED50). Sin embargo, la configuración actual de esta Red es de un vértice por hoja del Mapa Topográfico Nacional 1/50.000, por lo que no existe un número lo suficientemente elevado de vértices como para facilitar su empleo. Una de las condiciones básicas de estos vértices, es la de disponer de fácil acceso rodado, siendo esto en algunas ocasiones un poco difícil de conseguir, por no decir imposible, debido a las particularidades del territorio antes descritas. El acceso a alguno de los vértices que forman esta red se hace complicado, si además se tienen en cuenta las especiales condiciones climáticas del Principado de Asturias.

Lo anterior motiva la decisión por parte del CCATPA de densificar la red Regente con el objeto de disponer de una Red Autonómica, precisa y de fácil acceso, que facilite las labores posteriores de toma de datos en campo para cualquier actuación topográfica o cartográfica que exija de georreferenciación precisa. Además, la densificación va a permitir a la dirección técnica del proyecto realizar las labores de control de calidad necesarias para garantizar las precisiones del mismo.

Por último, ha sido el primer paso para conseguir unificar las Redes Geodésicas Nacionales y Municipales en lo que vamos a denominar a partir de este momento **RED DE CONTROL DEL GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS (RGPA)**.

Mediante esta densificación, se facilita y recomienda a todas las entidades locales que vayan a desarrollar nueva cartografía en sus concejos que enlacen con esta red, lo que permitirá en un futuro la transforma-

ción de forma ágil al nuevo sistema de referencia, tal y como recomienda las comisiones EUROGEOGRAPHICS y EUREF, calculando unos parámetros de transformación únicos para toda la comunidad, una vez que ETRFxx sea adoptado definitivamente como el marco de referencia oficial.

### 3. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL PROYECTO

- *Observación Estático-relativa* con puestas comunes de cinco receptores bifrecuencia de al menos 40 minutos de solape con un PDOP máximo de 5 y un mínimo de cinco satélites comunes.
- *Reobservación de baselines en ventanas diferentes.*
- *Procesado líneas GPS:* Solución fija de dobles diferencias con empleo de efemérides precisas. Precisión exigida: 0,10 m. en planimetría y 0,15 m. en altimetría, mejoradas considerablemente.
- *Solución en ETRS89 por ajuste mmcc libre y ligado,* en ED50 por Helmert bidimensional y en altitudes ortométricas por ajuste mmcc. Cálculo de modelo del geode.

### 4. MARCOS DE REFERENCIA GEODÉSICOS

Los sistemas de referencia geodésicos que se han empleado para definir la RGPA son ETRS89, con altitudes elipsoidales, y ED50 con altitudes ortométricas. En consecuencia, el marco de referencia geodésico que se debe utilizar es la Red Regente y la Red de Nivelación de Alta Precisión.

El número de puntos fijos en el sistema ETRS89 está compuesto por 26 vértices en la comunidad asturiana, 4 en Galicia, 5 en la comunidad castellano-leonesa y 2 en Cantabria., con un total de 37 vértices fijos.

La información relativa al marco de referencia geodésico ha sido obtenida del Instituto Geográfico Nacional. De esta forma, para todos los vértices Regente incluidos en el Principado de Asturias se dispone de su situación en los dos sistemas de referencia, ETRS89 y ED50, tal y como se expresa en los listados de las Tablas 1 y 2, con altitudes elipsoidales referidas a la cabeza del pilar y las coordenadas geodésicas expresadas en formato pseudo decimal sexagesimal y con las altitudes ortométricas referidas a la base del pilar y las coordenadas geodésicas expresadas en grado y fracción de grado sexagesimal. Todas las altitudes ortométricas han sido trasladadas a la cabeza del pilar de forma que el punto de altitud conocida sea el mismo en ambos marcos de referencia.

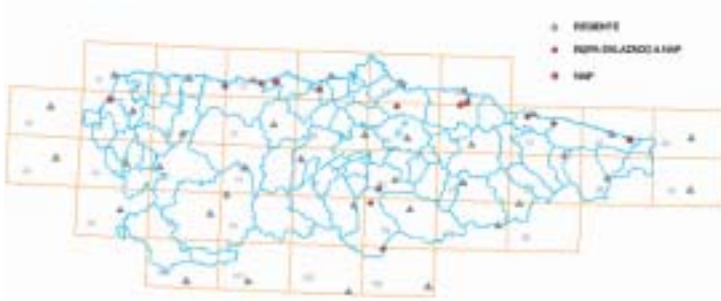
Ha sido necesario, antes de realizar cualquier medición, prestar atención a todos aquellos vértices que pudieran tener algún tipo de desperfec-

<b>ETRS89</b>							
NUMERO	NOMBRE	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	HUSO	x UTM	y UTM
001043	Pancha	-7.023372793	43.331902353	79.763	29	658093.575	4824342.233
001143	Sienra	-6.413943657	43.332202462	124.839	29	686233.624	4825156.566
001233	Musqueiros	-6.234463286	43.333143777	125.815	29	710339.910	4826159.417
002456	Padornelo	-7.195535319	43.260693949	673.333	29	634989.962	4810502.745
002576	Castelo	-6.564861219	43.260596286	697.000	29	666166.592	4811168.905

Tabla 1

<b>ED50</b>							
Numero	Longitud	Latitud	Alt.Ortom	Huso	X utm	Y utm	Nombre
001043	-7.041208055556	43.556388416667	0025.600	29	658218.66	4824555.44	Pancha
001143	-6.692815500000	43.557213027778	0071.300	29	686357.77	4825369.26	Sienza
001532	-5.404886750000	43.547814388889	0134.100	30	305720.10	4824549.13	Tazonos
002456	-7.330546972222	43.436375138889	0617.600	29	635114.75	4810716.21	Padornelo
002576	-6.945356222222	43.436096333333	0641.700	29	666291.04	4811382.10	Castelo

**Tabla 2**



**Figura 1. Definición del marco de referencia geodésico**

to, como es el caso del vértice Raso (08019), en el que fue necesario referir las altitudes a la parte superior de la base prismática. Para ello se ha medido sobre el terreno las alturas de los pilares y contrastándolas con la proporcionada en las reseñas del Instituto Geográfico Nacional.

## 5. PLANIFICACIÓN, RECONOCIMIENTO Y MONUMENTACIÓN

El proyecto, planificación, observación y procesado de las baselines de la red se llevó a cabo a finales del año 2003 y su control de calidad a principios de 2004.

Dentro de los condicionantes que se han planteado para el diseño, destacan:

- Ubicación en localizaciones geográficas importantes
- Garantía de permanencia y estabilidad en el tiempo
- Posibilidad de acceso rodado
- Geometría idónea respecto al triángulo formado por vértices Regente en el que se ubica (en lo posible buscando el centroide del triángulo formado por los puntos fijos)
- Evitar ocultaciones de elementos y cercanía a vías de comunicación de elevado tránsito para evitar saltos de ciclos provocados por los vehículos
- Proximidad a clavos de nivelación de alta precisión de la Red NAP vigente
- Ubicación en zonas elevadas que faciliten su uso posterior como estaciones de referencia para trabajos GPS en tiempo real.

Dado que uno de los objetivos fundamentales es garantizar la estabilidad y permanencia a lo largo del tiempo de las señales, se han utilizado, en la medida de lo posible, depósitos municipales de agua, muros de presas, muros de hormigón o piedra, etc.

La identificación que le corresponde a cada vértice proyectado se ha decidido en función de su ubicación. Por ejemplo para el 050 25 XXX, los tres primeros dígitos indican la hoja del MTN en la que se encuentra, los dos siguientes la columna y fila del 1/5.000, y las tres últimas son variables en

función del número de puntos por hoja y el tipo de punto:

- Vértices Regente: Identificador oficial.
- Vértices NAP con altitud elipsoidal: Los tres últimos dígitos comienzan en 901
- Vértices RGPA: Los tres últimos dígitos comienzan en 001
- Vértices RGPA con cota ortométrica: Los tres últimos dígitos comienzan en 501

El proyecto realizado en gabinete ha sido modificado a partir del reconocimiento de campo, al comprobarse que la ubicación inicial en algunos casos no era factible debido a ocultaciones, sombras o falta de actualización cartográfica. Debido a la orografía asturiana, a la distribución de las vías de comunicación, así como a los núcleos de población, se ha adecuado la geometría inicial diseñada para adecuarla a la realidad existente.



**Figura 2. Vértice Raso**



Figura 3

De forma paralela, se ha realizado un reconocimiento del estado actual de las líneas de nivelación vigentes, con el objeto de realizar el correspondiente enlace con algunos de los NAP existentes.

La materialización de todos los puntos RGPA se ha realizado mediante una señal tipo diseñada al efecto, similar a las utilizadas por otras instituciones (figura 4).

Finalmente, se han modificado los identificadores impuestos *a priori* en función de las ubicaciones definitivas de los 66 nuevos puntos materializados, al haber sido desplazados a nuevas hojas del mapa topográfico de Asturias 1/5.000. Tras la materialización de las señales tipo, la distribución de puntos ha observar, ha quedado como sigue:

- Vértices Regente: 37
- NAP: 4
- RGPA: 51
- RGPA con cota ortométrica obtenida por nivelación: 11



Figura 4

## 6. DISEÑO DE LOS BLOQUES DE OBSERVACIÓN

A la hora de planificar los movimientos de los receptores GPS, el único condicionante impuesto ha sido el empleo de 5 receptores de forma simultánea. El jefe del equipo de observación ha planificado los movimientos diarios en función de la disponibilidad de tiempo, operadores o zona de trabajo, siendo esta última la condición más importante a tener en cuenta, dado que en determinadas áreas solamente se ha podido realizar uno o a lo sumo dos movimientos al día (área occidental de Asturias). De forma excepcional se ha permitido un número menor de receptores observando, en el caso de enlace de puntos débiles mediante baselines redundantes o líneas reobservadas debido a la detección de alguna anomalía.

Para optimizar los movimientos de receptores efectuados se han ido trasladando como se indica en la figura 5.

## 7. TOMA DE DATOS

El trabajo de campo se realizó entre el 29 de septiembre y el 16 de diciembre de 2003.

Para realizar la observación se emplearon un mínimo de 5 receptores bifrecuencia Leica SR530, con antenas L1/L2 AT502, registrando de forma simultánea por bloque de observación, con un tiempo mínimo de 45 minutos (alcanzándose una media de 1 hora de observación) y con un intervalo de obser-

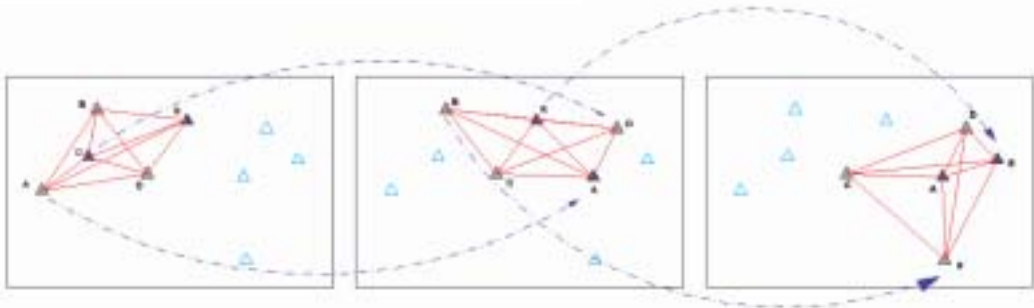


Figura 5

vación de 10 segundos. Se han medido un total de 628 baselines, en 63 bloques de observación diferentes, durante los 25 días de trabajo.

Las observaciones registradas se han almacenado de forma independiente por sesiones de trabajo en formato Rinex 2.0, incluyendo los ficheros de observación y navegación, siendo sustituidos estos últimos por las efemérides de precisión cuando han estado disponibles (<ftp://igsb.ipl.nasa.gov/pub/product/>).

Al permanecer fijos en la observación de diferentes bloques, determinados vértices han tenido un registro continuo de 10 horas de observación, lo que permitirá enlazar dichos vértices con la red fiduciaría GPS del IGN en un cálculo posterior de la red.

No se han registrado datos meteorológicos dadas las longitudes de trabajo que se están empleando.

Se han tomado un mínimo de 3 fotografías por cada vértice de nueva implantación, así como un croquis de acceso para realizar unas reseñas definitivas. Igualmente, se ha tomado nota de cualquier problema que hubiera podido surgir durante la observación, así como posibles ocultaciones, alturas de pilares en el caso de estacionamiento sobre vértices Regente, etc.

Por otro lado, y una vez analizados los observables en gabinete, la propia empresa encargada de las observaciones reobservó tres bloques por problemas de interrupción de señal, error en la identificación del punto o problemas con las fuentes de alimentación e interrupción del registro simultáneo.

## 8. PROCESAMIENTO DE LAS OBSERVACIONES

Todas las observaciones han sido procesadas mediante el empleo del software de dos firmas comerciales (Trimble y Leica), empleando los siguientes criterios:

Se ha realizado el procesamiento empleando el software Leica SKI-PRO Versión 3.0, con los siguientes parámetros:

- Ángulo de elevación 15°
- Órbitas precisas del IGS
- Modelos de centro de fase IGS PVC\_03, referidos al test realizado sobre una antena Dorne Margolin (GPS Antenna Calibration at the National Geodetic Survey)
- Modelo ionosférico automático
- Intervalo de muestreo: 10 seg
- Modelo troposférico Hopfield clásico.

Las longitudes de las baselines oscilan entre 64 m y 84 km, siendo la media de 20 km. Los períodos de observación largos han garantizado una buena resolución de ambigüedades incluso en aquellas baselines de gran longitud.

Dada la disponibilidad de observables comunes en dos sesiones diferentes, en base al registro continuo de los receptores que no se han movi-

do entre sesiones continuas, es posible el procesamiento de estas baselines con ventanas de observación diferentes.



Una vez procesadas todas las observaciones, se realiza el correspondiente cierre de triángulos, así como la comparación entre baselines repetidas en sesiones diferentes.

Los cierres de triángulos se han realizado de forma individual por bloque de observación, realizando un ajuste de los bloques con un punto fijo y comparación de las coordenadas calculadas con las oficiales de Regente, obteniendo una estimación de la precisión obtenida en la observación del bloque.

Finalmente, se ha realizado un cierre de triángulos completo y un ajuste mediante el empleo del módulo de ajuste de las firmas Leica y Trimble.

## 9. ANÁLISIS DE BASELINEAS OBSERVADAS EN SESIONES DIFERENTES

Una vez procesadas todas las baselines, se han contrastado de dos formas. Todos aquellos vectores entre vértices fijos, dado que han sido procesados, se han contrastado con los incrementos de coordenadas cartesianas tridimensionales calculadas a partir de las coordenadas oficiales de dichos vértices fijos. Se comprueba que en longitudes inferiores a los 40 km las soluciones procesadas entran dentro de las precisiones relativas de los vértices fijos.

Posteriormente se han contrastado las soluciones de baselines procesadas con dos ventanas de observación diferentes en sesiones diferentes, obteniendo los resultados siguientes:

- Baselines con diferencias superiores a 20 cm = 2 %.
- Baselines con diferencias entre 20 y 10 cm = 11 %.
- Baselines con diferencias entre 10 y 5 cm = 14 %.
- Baselines con diferencias inferiores a 5 cm = 72 %.

Estos datos han sido tenidos en cuenta a la hora de analizar los resultados del ajuste.

## 10. CONTROL DE CALIDAD

En todo trabajo de control de calidad debería aplicarse, como norma general, el empleo de software cuyos algoritmos fueran totalmente conocidos, lo que únicamente es posible cuando el software es de creación propia o se dispone del código fuente. En particular, en este trabajo de control fue preciso adaptar e implementar programas específicos a las características del control de calidad.

Una vez finalizada la parte de procesado y ajuste de la Red Geodésica, por parte del contratista se ha procedido a realizar un control de calidad sobre todos los elementos implicados en el trabajo.

Este fichero es una importante fuente de información a la que volver en el caso de detectar problemas serios en la comprobación del procesado de los vectores (tabla 3).

**Datos de partida para el control**

- Coordenadas de los puntos fijos que definen el Marco de Referencia en los dos sistemas, ETRS89 y ED50
- Altura de los pilares, croquis y fotografías de estos
- Libretas de campo con las nivelaciones geométricas efectuadas
- Ficheros Rinex 2.0 con las observaciones de campo y orbitas precisas de los satélites (\*.sp3)
- Soluciones para las baseleas procesadas por el contratista mediante el software de la firma Leica Ski-Pro
- Modelo del geoido para el Principado de Asturias IBERGEO95, del Dr. D. Miguel Sevilla de Lerma.

**Análisis de los ficheros RINEX de observación**

Mediante esta fase se comprueba si las observaciones se ajustan a las exigencias del Pliego de Prescripciones Técnicas de los trabajos.

Con este objeto se ha confeccionado un programa en cuyo fichero de salida aparece para cada línea la información relativa a:

- Fecha de observación
- Extremo inicial y final del vector
- Longitud del vector redondeada al metro, marcándose con un asterisco aquellos vectores que incumplen la condición de que el vector sea inferior a 40 km
- Tiempo común de observación en los dos extremos del vector, marcándose con un asterisco aquellos que incumplen la condición de que sea superior a 40 minutos
- Número mínimo de satélites comunes en todas las épocas de observación, marcándose con un asterisco aquellos que incumplen la condición de que sea superior a 4
- Valor máximo del PDOP para todas las épocas de observación, marcándose con un asterisco aquellos que incumplen la condición de que sea menor que 5.

**Procesado de los vectores GPS mediante software diferente**

El software utilizado en el cálculo de los vectores ha sido Trimble Total Control, versión 2.70, en adelante TTC, de la firma comercial Trimble. Para cada uno de los 63 bloques de observación se ha generado un proyecto diferente, con el objeto de evitar problemas a la hora de detectar posibles errores que podría generar el integrar todos los datos en un único proyecto.

A partir del procesamiento de cada uno de los bloques, el software permite obtener una salida en formato GEOLAB con los vectores resueltos y su matriz varianza-covarianza, en el sistema de coordenadas cartesianas geocéntricas. A partir de estos ficheros, para cada bloque se generan unos nuevos que contienen una línea por vector calculado y con el formato:

- Número del vértice extremo inicial de la observación
- Número del vértice extremo final de la observación
- Incremento de coordenada X cartesiana geocéntrica, en metros
- Incremento de coordenada Y cartesiana geocéntrica, en metros
- Incremento de coordenada Z cartesiana geocéntrica, en metros
- Varianza en X, en metros al cuadrado
- Covarianza XY
- Covarianza XZ
- Varianza en Y, en metros al cuadrado
- Covarianza YZ
- Varianza en Z, en metros al cuadrado.

Finalmente, se ha fusionado la información de cada uno de estos vectores, añadiendo dos columnas más con el número de bloque al que pertenece el vector y el código relativo a si en la solución del vector se han conseguido o no fijar las ambigüedades en el proceso de dobles diferencias libres de ionosfera, siendo el valor 1 ó 0, respectivamente.

FECHA	ESTACION	ESTACION	LONGITUD (<40 KM)	TIEMPO (>40 min)	SAT (>4)	PDOP (>5)
2003 9 30	003244	05671001	14606	2 10 30	6	4.290
2003 9 30	003138	003244	30603	1 21 50	6	4.178
2003 9 30	003138	005579	19846	4 31 30	4 *	10.021 *
2003 9 30	003138	03175001	16620	4 21 30	3 *	10.292 *
2003 9 30	003138	05631001	32008	1 32 40	6	4.245
2003 9 30	003244	005579	19617	1 21 50	6	4.178
2003 9 30	003244	03175001	15265	1 21 50	4 *	4.178
2003 9 30	003244	05631001	9286	1 21 50	6	4.178
2003 9 30	005579	03175001	8013	4 21 30	3 *	10.292 *
2003 9 30	005579	05631001	15512	1 44 40	6	4.245
2003 9 30	03175001	05631001	15397	1 25 0	4 *	4.237
2003 9 30	003041	003138	26147	1 5 30	5	4.239
2003 9 30	003041	005579	35347	1 3 50	5	4.239
2003 9 30	003041	03116001	15206	1 2 30	5	4.239
2003 9 30	003041	03175001	37826	1 1 30	4 *	6.125 *
2003 9 30	003138	005579	19846	4 31 30	4 *	10.021 *
2003 9 30	003138	03116001	12788	1 2 30	5	4.239

**Tabla 3**

Se han procesado un total de 628 vectores, de los que únicamente en 19 no se ha conseguido fijar ambigüedades en el proceso de dobles diferencias libres de ionosfera.

### Análisis de la solución obtenida para el control de calidad

Se han diseñado varias funciones en lenguaje MatLab, mediante las cuales se realiza el cierre de triángulos a partir de los resultados obtenidos, así como una estadística del número de vectores observados por cada vértice fijo, no contabilizándose aquellos que son rechazados por generar malos errores de cierre de triángulos o por no haberse fijado las ambigüedades en la solución de dobles diferencias libres de ionosfera. Igualmente, el programa determina qué vértices observados son de nueva instauración y el número de vectores observados en los que intervienen, verificando si en cada vértice existen como mínimo tres vectores enlazados a vértices fijos, no contabilizándose aquellos que son rechazados por generar malos errores de cierre de triángulos o por no haberse fijado las ambigüedades en la solución de dobles diferencias libres de ionosfera.

- Numero total de vectores procesados: 628
- Numero total de vectores con solución doble diferencia libre de ionosfera fija válidos: 592
- Numero total de vectores con solución doble diferencia libre de ionosfera no fija: 19
- Numero total de vectores que generan cierres de triángulos superiores a 0,20 m: 17
- Existen un total de 4.308 triángulos
- 622 triángulos presentan un cierre superior a 0,10 m
- 331 vectores intervienen en los 622 triángulos que presentan un error de cierre superior a 0,10 m
- Únicamente 7 de los 331 vectores anteriores no intervienen en ningún triángulo que presente un cierre menor a 0,10 m.

Se podrían eliminar los 17 vectores que generan cierres de triángulos superiores a 0,2 m y los 7 que generan cierres superiores a 0,10 m, pero se decide posponer esa posibilidad hasta analizar los resultados del ajuste.

### Contrastación de vectores procesados por el contratista

A partir de los resultados de los vectores entregados por el contratista

y los obtenidos para el control de calidad, se ha realizado un programa en lenguaje MatLab para evaluar las diferencias (ver tabla 4).

En la última solución se indica (-1) si no se han fijado ambigüedades en dobles diferencias libres de ionosfera, (1) si se han fijado ambigüedades en dobles diferencias libres de ionosfera. Las diferencias encontradas son:

- Entre 0,20 m y 0,23 m: 2 vectores
- Entre 0,10 m y 0,20 m: 42 vectores
- Entre 0,05 m y 0,10 m: 127 vectores
- Menor de 0,05 m: 261 vectores.

### Cálculo de las coordenadas aproximadas de los vértices de la RGPA

Debido a que en las matrices varianza-covarianza obtenidas en el cálculo de los vectores no figura la influencia de los errores aleatorios asociados a la operación de centrado y medida de la altura de las antenas, se ha considerado oportuno proceder a modificar la estimación de la precisión *a priori* de los vectores. Así, se trasforma en una estimación que contempla una formulación conforme a la teoría clásica de errores. Los parámetros de precisión *a priori* que se consideran son los habituales para el instrumental y metodología de observación utilizada.

#### Error en el vector:

- Error de bajada de bandera: 0,010 m  
Error proporcional a la distancia: 1 ppm.
- Error de centrado: Se considerarán tres casos diferentes según:
  - a) Los dos vértices extremos del vector sean de la Red Regente. El error *a priori* se establece en 0,001 m para los dos extremos.
  - b) Uno de los dos vértices extremos del vector sea de la Red Regente. El error *a priori* se establece en 0,001 m para un extremo y 0,005 m para el otro.
  - c) Ninguno de los dos vértices extremos del vector sea de la Red Regente. El error se establece en 0,005 m para los dos extremos.

#### Error de medida de altura de las antenas:

Se consideran tres casos diferentes según:

- a) Los dos vértices extremos del vector sean de la Red Regente. El error *a priori* se establece en 0,005 m para los dos extremos.
- b) Uno de los dos vértices extremos del vector sea de la Red Regente. El error *a priori* se establece en 0,005 m para un extremo y 0,010 m para el otro.

Pto. Ext. Ini.	Pto. Ext. Fin.	Dif. C. X.	Dif. C. Y.	Dif. C. Z.	Distancia.	Bloque.	Fijo
8019	5486001	-0.127	0.092	-0.212	0.264	13	-1
8019	5486001	-0.131	0.083	-0.201	0.254	13	-1
5521001	3017001	0.182	-0.077	0.107	0.224	15	1
10051	7527001	-0.212	0.005	0.039	0.216	28	1
5635	5671002	-0.174	0.100	-0.026	0.202	14	-1
5635	5671002	-0.166	0.072	-0.046	0.186	14	-1
5521001	3017001	0.145	-0.079	0.066	0.178	15	1
5216001	7676001	0.158	-0.070	-0.038	0.177	52	1

Tabla 4

- c) Ninguno de los dos vértices extremos del vector sea de la Red Regente. El error se establece en 0,010 m para los dos extremos.

Para realizar el cálculo se ha implementado un programa que utiliza como datos de partida los 529 vectores GPS, resultado del procesado de baselines, en los que se han excluido los vectores en los que los dos extremos son vértices Regente, y los 37 vértices de la Red Regente incluidos en la RGPA, utilizando su posición referida a ETRS89. El método de cálculo empleado es la trisección espacial múltiple en el sistema de coordenadas cartesianas geocéntricas. El error de las coordenadas promediadas para cada punto es inferior a 0,030 m para todos los vértices, de donde se concluye la validez de las coordenadas para entrar en el ajuste.

### Ajuste de la red en el sistema ETRS89

Se ha realizado el ajuste por mínimos cuadrados de la RGPA, dividido en ajuste planimétrico sobre la superficie del elipsoide GRS80 y en ajuste altimétrico en el sistema de altitudes elipsoidales. Todos los programas utilizados han sido implementados en Fortran77 por el Dr. D. Alfonso Núñez-García del Pozo.

#### Ajuste mínimos cuadrados planimétrico sobre la superficie del elipsoide GRS80:

- Criterio de ponderación: (similar al empleado anteriormente)  
Observaciones distanciométricas:  $0,01 \text{ m} + 1 \text{ ppm}$   
Observaciones de acimut:  $0,01 \text{ m} + 2 \text{ cc}$
- Número de vértices fijos: 37 (Red Regente)
- Número de vértices libres: 66
- Número de observaciones:  
Observaciones distanciométricas: 612  
Observaciones de acimut: 628
- Incógnitas:  
En coordenadas: 132  
Parámetros sistemáticos: 2
- Grados de libertad: 1.106
- Varianza *a posteriori*: 0,39
- Precisiones:  
Error absoluto medio en *x*: 0,008 m  
Error absoluto medio en *y*: 0,009 m  
Mayor semieje mayor elipse error: 0,015 m

De no haber introducido en el ajuste planimétrico las incógnitas correspondientes a los parámetros sistemáticos, no habría intervenido en el ajuste ninguna observación entre puntos fijos. A partir de los resultados para los parámetros sistemáticos:

$$\text{ESCALA} = 0,3713 \text{ ppm} \quad \text{EMC} = 0,0433$$

$$\text{DESORIENTACION} = -0,0181 \text{ cc} \quad \text{EMC} = 0,0200$$

se observa que tanto la escala como la orientación de las observaciones GPS corresponden a las propias del sistema de referencia ETRS89.

#### Ajuste mínimos cuadrados altimétrico en altitudes elipsoidales ETRS89:

- Criterio de ponderación: (similar al empleado anteriormente)  
Observación de desnivel:  $0,01 \text{ m} + 0,01 \text{ m/km}$
- Número de vértices fijos: 37 (Red Regente)
- Número de vértices libres: 66
- Número de observaciones:  
Observaciones de desnivel: 623
- Incógnitas:  
En coordenadas: 66
- Grados de libertad: 557
- Varianza *a posteriori*: 0,29
- Precisiones:  
Mayor EMC: 0,029 m

Se concluye de las soluciones alcanzadas que se ha instaurado la RGPA en ETRS89 con una precisión mayor que 0,02 m. en planimetría y mayor que 0,03 m. en altimetría, en términos de error medio cuadrático.

#### Solución de la RGPA en ED50

Teniendo en cuenta que la precisión de las coordenadas de partida de los vértices de la Red Regente en ED50 son inferiores a las precisiones para las coordenadas en ETRS89, se ha optado por plantear la solución según el siguiente procedimiento:

- *Planimetría*: Se determinará y aplicará una transformación de Helmert bidimensional en el plano de la proyección cartográfica UTM, huso 30.
- *Altimetría*: Se determinarán las altitudes ortométricas a partir de un ajuste mínimos cuadrados de la red fijando todos los vértices de Regente, clavos NAP y vértices RGPA nivelados y con los desniveles elipsoidales GPS corregidos de diferencia de ondulación del geoido con el modelo IBERGEO95.

A partir de las coordenadas de la Red Regente en los sistemas de referencia geodésico ETRS89 y ED50 se ha determinado la transformación de Helmert bidimensional sobre el plano de la proyección UTM, huso 30, que permite pasar de ETRS89 a ED50. A continuación se ha aplicado esta transformación a la solución de la RGPA en ETRS89. El motivo de plantear así la solución de la planimetría de la RGPA en ED50 es la baja precisión de las coordenadas de la Red Regente en este sistema, del orden de 0,25 m, como se deduce de los resultados de la determinación de la transformación. En un futuro, si se dispone de mejores coordenadas de la Red Regente en ED50, lo único que habría que hacer es proceder de nuevo a determinar y aplicar la transformación.

Para determinar una transformación de Helmert con la totalidad de los 37 vértices de la Red Regente en la que el modelo estocástico no se rechazará, ha sido necesario considerar un error *a priori* para las coordenadas ED50 de 0,25 m y de 0,01 m para las ETRS89, de acuerdo a los resultados del ajuste en este sistema. Con este criterio, los resultados obtenidos son:

**PARÁMETROS DE LA TRANSFORMACIÓN**

Número de Puntos Comunes	37
Número de Incógnitas	4
Grados de libertad	70

**PARÁMETROS INICIALES DE LA TRANSFORMACIÓN:**

Coordenadas del baricentro origen:

• Coord.X =	259120,028 m
• Coord.Y =	4796293,795 m
• Traslación X =	109,354 m
• Traslación Y =	205,018 m
• Homotecia =	-17,2233 ppm
• Giro =	-0,000017 grados centesimales.

**PARÁMETROS DE ERROR**

• Estimador <i>a priori</i> de la varianza del observable de peso unidad	1,000
• Estimador <i>a posteriori</i> de la varianza del observable de peso unidad	0,735
• Media de los residuos ponderados	-0,00000000

**TEST GLOBAL DEL MODELO.**

Test F-Snedecor: para Prob. Error Tipo I = 0,05

Test de una cola

Ho: El GMM planteado es completo y conforme a las observaciones

Estadístico varianza *a posteriori* = 0,7353

Valor Critico F-Snedecor máximo = 1,3078

\*\*\*\*\* No se rechaza Ho.

**RESULTADO DE LA TRANSFORMACIÓN POR MMCC**

Criterio de ponderación:

• Emc en coord.origen =	0,010 m
• Emc en coord.destino =	0,250 m
• Emc de cada observable =	0,250 m

Correcciones a los parametros iniciales:

• Coordenadas del baricentro origen:	
– Coord. X =	259120,028 m
– Coord. Y =	4796293,795 m
• Dif. Traslación X =	0,0000000000 m
• Dif. Traslación Y =	0,0000000002 m
• Dif. Homotecia =	0,005092 ppm
• Dif. Giro =	0,068598628 seg centesimales

Resultados definitivos:

• Coordenadas del baricentro origen:	
– Coord. X =	259120,028 m
– Coord. Y =	4796293,795 m
• Traslación X =	109,3536 m
• Traslación Y =	205,0176 m
• Homotecia =	-17,2182 ppm
• Giro =	-0,000010 grados centesimales

Desviaciones típicas de las incógnitas:

• Traslación X =	0,035270 m
• Traslación Y =	0,035270 m
• Homotecia =	0,000506 ppm
• Giro =	0,322430 seg centesimales

zados por nivelación geométrica a clavos NAP y con desniveles ortométricos obtenidos a partir de corregir los desniveles elipsoidales GPS ETRS89 con el modelo del geoido IBERGEO95.

**Ajuste mínimos cuadrados en el sistema de altitudes ortométricas:**

- Criterio de ponderación:  
Error kilométrico: 0,05 m
- Número de vértices fijos: 52 (37 Red Regente + 15 clavos NAP y RGPA nivelados)
- Número de vértices libres: 51 (103-52)
- Número de observaciones:  
Observaciones de desnivel ortométrico: 623
- Incógnitas:  
En coordenadas: 51  
Parámetros sistemáticos: 2
- Grados de libertad: 572
- Varianza *a posteriori*: 0,55
- Precisiones:  
Menor EMC: 0,043 m  
Mayor EMC: 0,265 m

**Modelo del geoido**

A partir de las altitudes elipsoidales ETRS89 y de las altitudes ortométricas de los 103 vértices de la RGPA, se ha determinado un modelo del geoido que permitirá obtener un valor de la ondulación del geoido en el sistema de referencia geodésico ETRS89 para cualquier punto en la zona, como será el caso de los puntos de apoyo de aerotriangulación, permitiendo, en definitiva, obtener su altitud referida al sistema de altitudes ortométricas.

El ajuste se ha realizado a partir de la estimación de una precisión *a priori* en las ondulaciones del geoido dato, en los 103 vértices de la RGPA, determinada como la composición cuadrática de un error medio cuadrático promedio de 0,20 m en las altitudes ortométricas (lo que se justifica por los resultados del ajuste de la RGPA en el sistema de altitudes ortométricas incluido anteriormente) y de un error medio cuadrático promedio de 0,05 m en las altitudes elipsoidales (lo que se justifica por los resultados del ajuste de la RGPA en el sistema de altitudes elipsoidales ETRS89). Los resultados concuerdan con la estimación anterior de la precisión *a priori* de las ondulaciones, como lo evidencia el hecho de que no se rechace el test global del modelo.

Los resultados de los residuos evidencian que se ha obtenido un modelo del geoido que presenta una precisión del orden de 0,20 m para los datos utilizados en su determinación.

Por último, se ha desarrollado un programa que permite obtener la altitud ortométrica de un conjunto de puntos a partir de su posición en el sistema de referencia geodésico ETRS89. El programa también permite determinar la diferencia de ondulación para un vector, definido a partir de sus extremos, en el sistema de referencia geodésico ETRS89, lo que será de utilidad para transformar desniveles elipsoidales ETRS89 en desniveles ortométricos.

Las altitudes ortométricas se han resuelto por ajuste mínimos cuadrados fijando la Red Regente, los clavos NAP y los vértices de la RGPA enla-

## Trabajos de control actuales

Se han recuperado determinadas observaciones de los trabajos de apoyo fotogramétrico entre vértices de la RGPA, así como determinadas observaciones de la Red de Puntos Control de Calidad (red de puntos con precisión similar a los puntos de apoyo para su empleo como puntos de control de calidad del MDE, límites de parcelas, restitución, etc.) ejecutada posteriormente. La característica especial de estas observaciones es la de disponer de un periodo de observación superior a las seis horas, al ser las estaciones de referencia empleadas para su empleo en la toma de puntos de apoyo y control mediante técnicas diferenciales. En alguno de los casos existen observaciones reiteradas entre vértices con tiempos de observación superiores a las 8 horas, lo cual permite el enlace de dichos vértices con la Red de Estaciones Permanentes del Instituto Geográfico Nacional, empleando para ello software específico a este tipo de trabajos.

Se dispone igualmente de una batería de observaciones entre vértices de la RGPA observadas por los técnicos del CCATPA, en las cuales se ha prestado especial atención al estacionamiento del instrumental empleado así como a la lectura de las antenas. Los periodos de observación han sido siempre superiores a los 45 minutos, prestando especial atención al empleo de la mejor ventana de observación para cada día de trabajo, así como el cierre de itinerarios entre vértices de nueva implantación. Las observaciones de control de calidad han sido observadas mediante el empleo de receptores bifrecuencia Trimble 5700.

## 11. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

En la actualidad, se están analizando las observaciones existentes con la intención de generar un almacén de documentación geodésica, perfectamente documentada, mediante la cual sea posible analizar posibles errores groseros que hubieran podido pasar los tests de detección de errores iniciales, como puede ser el detectado en uno de los vértices costeros, en el cual se detectaron errores después del ajuste, durante la observación de puntos de control cartográfico, y que han sido subsanados a partir de observaciones posteriores.

Todas las observaciones Rinex han sido almacenadas empleando los nombres estándar de las antenas calibradas por el IGS, de esta manera cualquier software GPS de última generación es capaz de reconocerlas de forma inmediata, y aplicando los incrementos del centro de fase de la antena de forma correcta.

Se está creando una ficha tipo de cada uno de los vértices que forman la RGPA, en el cual se describe la ubicación, forma de acceso y detalles principales de la señal, acompañada de varias fotos de detalle, así como un recorte de la fotografía aérea de la zona en la cual se encuentra dicho vértice. Igualmente, se acompaña de un recorte del Mapa Topográfico de Asturias 1:10.000 y un esquema con la red de carreteras principal de la zona. Esta ficha se almacenará en formato PDF para que el usuario la pueda descargar e imprimir desde internet. Las coordenadas que aparecen en la ficha se obtienen por consulta contra la base de da-

tos correspondiente, de manera que su actualización tras nuevos cálculos es inmediata.

Se prevé la creación de un portal Web paralelo al Sistema de información Territorial del Principado de Asturias ([www.princast.es/sitpacarto/](http://www.princast.es/sitpacarto/)) en el cual se colgará toda esta información así como un tablón de actualización de coordenadas, documentos técnicos, etc., de manera que los profesionales del campo de la Topografía podrán tener acceso a la información actualizada.

Finalmente, se está desarrollando un software específico que garantice la transformación entre sistemas de referencia (ED50-ETRS89) de forma sencilla para garantizar que todas las transformaciones realizadas se apliquen utilizando los mismos parámetros.

Gracias a los buenos resultados obtenidos en este proyecto y dada la buena acogida que esta red tiene por parte de los usuarios, se prevé una densificación de esta red en todos los concejos asturianos, así como en los núcleos de población más grandes, con el objeto de facilitar las labores geodésicas en los trabajos de generación de cartografía a grandes escalas. De la misma manera, aprovechando la reobservación por parte del Instituto Geográfico Nacional de las redes de nivelación de alta precisión existentes en el Principado de Asturias, se hace necesario una densificación de dichas redes que nos permita calcular un modelo de geoide de calidad, que garantice precisiones altimétricas similares a las ya disponibles en planimetría.

Mediante esta densificación se proporcionará a todos aquellos técnicos que desarrollan su labor profesional dentro del campo de la Topografía y la Cartografía un marco de referencia ágil, estable y preciso, justificando todo ello la obligatoriedad del enlace de todos los trabajos realizados con este marco de referencia, para evitar determinados errores en los trabajos o la picaresca de auxiliarse en el empleo de una red poco precisa. Al emplear todos el mismo sistema de referencia sólo queda aplicar correctamente cada una de las técnicas necesarias para realizar la correspondiente representación cartográfica de la realidad.

## 12. MANTENIMIENTO DE LA RED

Una vez finalizada la fase actual, se prevé un mantenimiento anual de la red, evitando en lo posible el deterioro o pérdida de las señales monumentadas hasta el momento.

Anualmente se realizarán campañas de reconocimiento del estado de las señales, simultaneadas con las campañas de densificación de dicha red. En base a los resultados de dichas campañas se planificarán las observaciones o reobservaciones del año siguiente.

## 13. CONCLUSIONES

El coste final aproximado de este proyecto ronda los 44.000 €, incluida la partida presupuestaria necesaria para el control de calidad. El periodo de ejecución ha sido de cinco meses.

No se hubieran podido alcanzar los resultados anteriores sin la calidad de la Red Regente, contrastada en este proyecto.

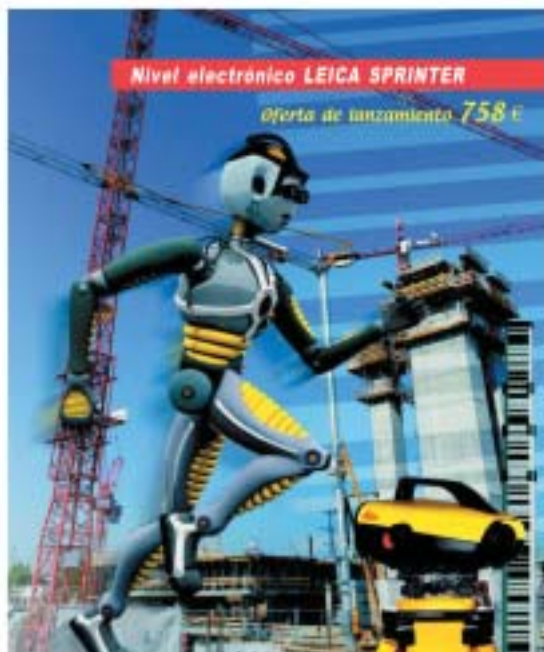
Desde el CCATPA se recomienda, en aquellos casos en los cuales se pretenda afrontar la generación de nueva cartografía, que se realice íntegramente en el nuevo sistema de referencia ETRS89, realizando las labores de transformación a ED50 en la fase final. Por otro lado, dadas las facilidades que las diferentes firmas de software de gestión de SIG ofrecen, esta labor no tiene más complejidad que introducir los correspondientes parámetros de transformación en el fichero correspondiente para que cuando se proporcione dicha cartografía a un usuario externo ésta sea transformada al sistema de referencia correspondiente y viceversa. A su vez, en el caso de recibir cartografía externa, la disponibilidad de una red de calidad homogénea va a permitir realizar las labores propias de control de calidad de dicha cartografía y su posterior transformación al sistema de referencia ETRS89, aplicando los parámetros calculados en sentido inverso.

Sin embargo, esta tarea aquí descrita no es del todo cierta en cuanto que muchas veces la calidad local o precisiones relativas de la cartografía actual dependen en cierta manera de las precisiones relativas de los vértices de la Red de Orden Inferior que fueron empleados para la realización del apoyo, levantamientos topográficos, redes geodésicas locales, etc. Estas desviaciones locales quizás son inapreciables en cartografía a una determinada escala, pero sí que debe empezarse a tener en cuenta para escalas urbanas, como puede ser 1:2.000 ó superiores.

Por lo tanto, el disponer de una red con una calidad homogénea en la totalidad del territorio, mediante la cual podamos obtener una red de puntos de control que nos permita realizar los correspondientes muestreos y calcular los parámetros de transformación para transformar esa cartografía entre los diferentes marcos de referencia, no garantiza una conservación en la calidad cartográfica existente

#### 14. REFERENCIAS

- DALDA MOURÓN, A. GONZÁLEZ MATESANZ FJ. "Parámetros de Transformación entre Sistemas de Referencia Terrestres". *Jornadas Técnicas sobre Topografía, Cartografía Fotogrametría, Geodesia y Teledetección*. Universidad de Alcalá. 2001. Pág. 189-227.
- FERRER TORIO, R., PIÑA PATÓN, B., NÚÑEZ-GARCÍA DEL POZO, A. VALBUENA DURÁN, J.L. "Sistema de Posicionamiento Global, G.P.S". *Servicio de Publicaciones. E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria*. 1991. Santander.
- GARCÍA-ASENJO, L. HERNÁNDEZ, D. "Geodesia". *Servicio de Reprografía de la Universidad Politécnica de Valencia*. 2004. Referencia 2003.647
- GERALD L. MADER. "GPS Antenna Calibration at the National Geodetic Survey". *National Geodetic Survey*. NOS, NOAA. Silver Spring.
- JAROSLAV \_JMEK, JAN KOSTELECK\_. "Modern geodetic network and datum in europe". *Research Institute of Geodesy, Topography and Cartography*.
- JOSÉ REGIDOR GUTIÉRREZ, JUAN F. PRIETO MORÍN, J. MANUEL SANZ MEGIA, RAFAEL QUIROS DONATE, ANTONIO BARBADILLO FERNANDEZ. "El Proyecto Regente", *VII Congreso Nacional De Topografía y Cartografía*. Madrid. 2000
- MARÍA VIRGINIA MACKERN, CLAUDIO BRUNINI, JUAN MOIRANO, RUBÉN RODRÍGUEZ, EDUARDO LAURÍA. "Hacia la unificación de las redes geodésicas argentinas". *Actas de la 21ª Reunión Científica de Geofísica y Geodesia, Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas*, Rosario, Argentina. septiembre de 2002.
- MELVIN HOYER, EUGEN WILDERMANN, LEVY JIMÉNEZ, HERMOGENES SUAREZ, HUMBERTO GARCÍA. "Procesamiento de las mediciones satelitarias GPS del proyecto Densificación REGVEN". *Laboratorio de Geodesia Física y Satelital*, La Universidad Del Zulia.
- MIKAEL LILJE. "Changing the geodetic infrastructure in sweden". *Deputy Head Geodetic Research Division*. Sweden
- MICHAEL ANDERSON, DON D'ONOFRIO, GREGORY A. HELMER, WAYNE WHEELER, JR. "Specifications for geodetic control networks using high-production gps surveying techniques". Version 2.0, July 1995. California Geodetic Control Committee
- M.C. ECKL, R.A. SNAY, T. SOLER, M. W. CLINE, G. L. MADER. "Accuracy of GPS-derived relative positions as a function of interstation distance and observing-session duration". *Journal of Geodesy* (2001) 75: Pag 633-640.
- M P STEWART. "How accurate is the Australian National GPS Network as a framework for GPS heighting?". *School of Surveying and Land Information Curtin University of Technology*, Perth, West Australia
- M. P. STEWART, H. HOUGHTON, X. DING. "The Stateflex west Australian GPS network" *IAG Symposia* volume 118. Rio de Janeiro. Brazil. 1997.
- NÚÑEZ-GARCÍA DEL POZO, A., VALBUENA DURÁN, J.L., BADA DE COMINGES, G., YEBES LÓPEZ, E., DE LA CRUZ ARGIBAY, F. "Test GPS con receptores Ashtech para observación de Redes Geodésicas de alta precisión. Separata del nº 11 de la Revista del Instituto Geográfico y Catastral de Portugal". 1992.
- NÚÑEZ-GARCÍA DEL POZO, A., JIMENO, V., MOLINERO, P., BADA DE COMINGES, G., VALBUENA DURÁN, J.L. "Densificación con G.P.S. de una red de tercer orden". *Topcart* 92. Madrid. 1992.
- NUÑEZ-GARCIA DEL POZO, A., MARIA MACAU FABREGA. "Densificación de la red de tercer orden". *Topografía y Cartografía*.
- REAR ADM. JOHN D. BOSSLER, CHAIRMAN. "Standards and Specifications for Geodetic Control Networks". *Federal Geodetic Control Committee*. Rockville, Maryland. September 1984.
- REAR ADM. JOHN D. BOSSLER, CHAIRMAN. "Geometric geodetic accuracy standard and specifications for using GPS relative positioning techniques". Versión 5.0. *National Geodetic Survey*. NoAA. May 11, 1988.
- RICHARD A. SNAY, TOMÁS SOLER, AND MARK ECKL. "GPS Precision with Carrier Phase Observations: Does Distance and/or Time Matter". *Professional Surveyor Magazine* • octubre de 2002
- RODRÍGUEZ PUJOL, E., CATURLA SÁNCHEZ DE NEIRA, J.L. "IBERIA95. Red Peninsular de Orden Cero". *Instituto Geográfico Nacional*. 1999. *Publicación Técnica* nº 30. ISBN: 84-95172-02-X.
- SHANLONG KUANG, COVENTINE FIDIS, FLOYD THOMAS. "GPS Control Densification Project for Illinois Department of Transportation District 3". *Surveying and Land Information Science*. Vol 62. Nº 4. 2002. Pags 225-238.
- WERNER GURTNER. "RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2.10" *Astronomical Institute*. University of Berne. 2002. ■



**Nivel electrónico LEICA SPRINTER**

*Oferta de lanzamiento 758 €*

**Leica DISTO<sup>®</sup> plus**  
El modelo superior con características especiales  
Tecnología BLUETOOTH<sup>®</sup> integrada

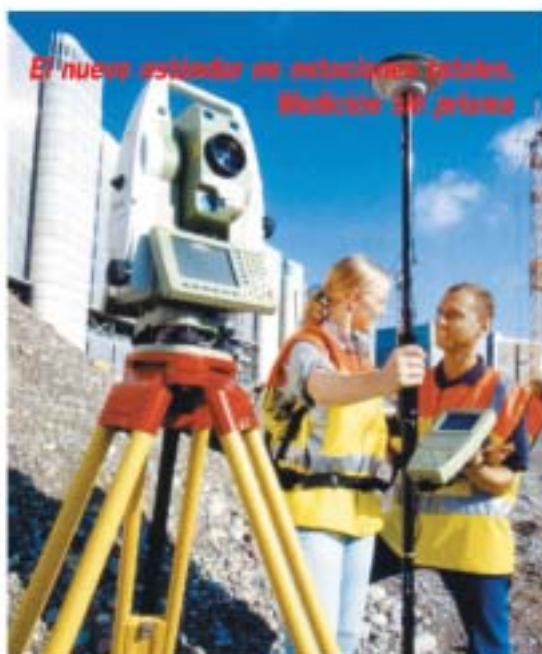
**Leica DISTO<sup>®</sup> classic<sup>2</sup> a**  
El modelo estándar para tareas de medición más exigentes

**Leica DISTO<sup>®</sup> 200**  
El modelo básico para todas las mediciones básicas

10 años



**Leica Trinovid  
Gemelos para navegación**



**El nuevo estándar en estaciones totales.  
Reducción 50 personas**

**Regale alta tecnología**



**963 711 698**

Móvil: 608 067 396  
Campoamor, 65 y 67  
46022 VALENCIA



**Narváez**  
Topografía, S.L.

# Ingeniería en Geomática y Topografía: Proyectos de Futuro y Convergencia Europea

Manuel Chueca Pazos

DIRECTOR DE LA E.T.S.I. GEODÉSICA, CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Creo que hoy es oportuno recordar que este Congreso, desde su primera Convocatoria en Barcelona, Top-Cart I de noviembre de 1978, ha demostrado permanente sensibilidad e interés por la enseñanza universitaria de nuestra especialidad como variable principal en la ecuación que relaciona innovación, investigación y desarrollo de nuestras actividades científicas y profesionales en el campo de las ciencias y tecnologías topo-cartográficas y afines. Fue mi entrañable amigo y colega, el profesor Serrano Colmenarejo quien, con su brillantez y erudición habitual, disertó en aquella ocasión sobre la *Historia y Perspectivas de los Estudios de Ingeniería Técnica Topográfica*.

El siguiente Top-Cart II, en noviembre de 1982, lo organizamos en Valencia, en la Universidad Politécnica, donde a la sazón el nivel académico de nuestra Ingeniería era simplemente embrionario. Entonces fui yo el que eché mi cuarto a espadas con una ponencia sobre *Aspectos de la Enseñanza de la Topografía en las Escuelas Superiores*. Y allí se solicitó la que entendíamos inaplazable creación de una Escuela de Ingeniería Técnica Topográfica en Valencia, y se formuló la ilusionada esperanza del establecimiento de Enseñanzas Superiores regladas de Segundo y Tercer Ciclo, entonces inexistentes en España, e incluso la creación de un Instituto Cartográfico Autonómico en el propio Campus, de condición preferiblemente interuniversitaria y dependiente del Gobierno Autonómico como Ente de Derecho Público. Y desde entonces no hemos cedido en el empeño, hasta la fecha y situación de hoy.

Pero alejemos nostalgias, demos un salto en el tiempo hasta la fecha de hoy y aquí estamos, inmersos en el reto de lo que se ha dado en llamar "Espacio Europeo de Educación Superior", que debe garantizar la libre circulación y ejercicio de estudiantes, docentes y profesionales, con Planes de Estudios, Titulaciones y Competencias homogéneas y homologadas en toda la Unión Europea, sin fronteras ni trabas académicas o administrativas. Y creo estar en condiciones de afirmar con humildad y verdad, palabras sinónimas, que nuestra especialidad ocupa un lugar de avanzada vanguardia en el Programa de Convergencia con Europa, gra-

cias al esfuerzo serio, eficaz, coordinado y continuado de todos, tanto Escuelas y Universidades, como Colegio y Asociaciones Profesionales y Empresas e Instituciones relacionadas con nuestros específicos quehaceres.

Efectivamente, nuestra titulación técnica lidera la primera Red Temática concedida a una Universidad Pública Española por la Dirección General de Educación Europea. Así, coordinada por el Prof. Dr. D. Francisco García, Subdirector de Relaciones Internacionales de la Escuela de Ingeniería Geodésica de la Politécnica de Valencia, lideramos desde el año 2002 la Red Específica de Enseñanza Europea en Ingeniería Geodésica, Cartografía y Topografía (European Education in Geodetic Engineering, Cartography and Surveying, EEGECS), en la que se integran 125 Universidades e Instituciones Científicas que representan el total relevante de la especialidad, académica y no académica, dentro del Programa de Convergencia con el Espacio Europeo de Educación Superior.

Todo ello encuadrado y acorde con las sucesivas Declaraciones de la Sorbona (1998), Bolonia (1999), Praga (2001), Salamanca (2001) y Berlín (2003), cuyo extenso contenido, desde el puramente académico hasta la libre circulación de estudiantes, profesores y profesionales con plena acreditación competencial de titulaciones en toda la Unión Europea, es imposible siquiera resumir en el espacio que hoy disponemos y supera en mucho al modesto objetivo de esta charla. Queda, si preciso fuera, para otra ocasión.

Por otra parte, la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), en su Programa Oficial de Convergencia Europea, publicó en 2003 su Primera Convocatoria para el Diseño de Planes de Estudio y Títulos de Grado. Se aprobaron, entre los muchos presentados, solamente 11 Proyectos, cuatro de ellos técnicos, (Telecomunicación, Agrónomos, Informática y nosotros). La coordinación correspondió a este servidor, por la Escuela de Ingeniería Geodésica de la Politécnica de Valencia.

Y el objetivo de la Convocatoria, nuestro Libro Blanco de la Titulación de Grado de Ingeniero en Geomática y Topografía está publicado, editado y a disposición. Es un hecho objetivo que es el primer Libro Blanco ultimado en la Universidad Española concerniente a una Ingeniería, por serlo del grupo de las cuatro primeras convocadas que antes mencioné. Y ANECA, como vamos a ver en seguida, lo ha evaluado muy favorablemente.

Cuando haya recorrido la tramitación administrativa que ahora emprendemos, a la que debemos prestar muy especial atención, y sea reflejado mediante los oportunos instrumentos legislativos en el Boletín Oficial, puede ser uno de los primeros títulos europeos homologados en toda la Unión, con lo que ello significa para el progreso y prestigio de nuestra profesión y titulados.

Da la impresión de que cuando, como en este caso, todas nuestras Escuelas, Universidades, Colegio y Asociaciones Profesionales trabajan unidos y empujan en la misma dirección, las cosas salen bien. Y me pregunto ¿Qué es lo que será menester para consolidar, mantener y mejorar esta colaboración y conseguir que el empeño común siga adelante?

De todo ello nos vamos a ocupar a continuación. En primer lugar, el trabajo de la Red Temática (con todas nuestras Escuelas encuadradas en ella), especialmente en lo que respecta a su Working Group nº 1, nos ha permitido conocer en detalle y con suficiente rigor y fiabilidad la situación académica y profesional de nuestra titulación en Europa.

Después de contactar con la totalidad de las Universidades que imparten docencia en nuestra especialidad en las 25 naciones de la UE, se ha obtenido respuesta de 20 a las encuestas formuladas (en rojo en la figura 1). No obstante y a través del Programa Sócrates se ha accedido a información suficiente de las otras cinco (en rosa). En total se ha seleccionado y procesado información estadísticamente contrastada con resultado de aceptable poder de afirmación en 50 Universidades, lo que supone una muestra altamente representativa.

Se trataba fundamentalmente de averiguar la situación de partida y pronóstico de evolución temporal en:

- Estructura de ciclos (Bachelor + Master)
- Duración y especialización
- Implantación de Créditos Europeos ECTS
- Suplemento al Diploma

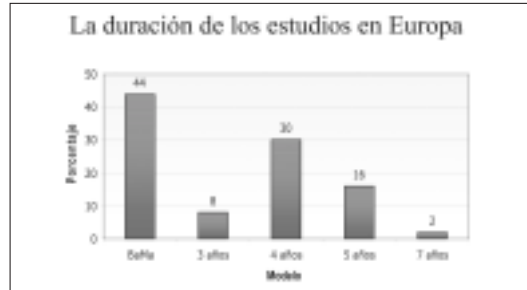
Como era de esperar, el procesamiento de datos arrojó unos resultados multiformes, de amplio espectro de variación y con numerosas soluciones particulares, solapables entre sí, que no facilitaban en nada la labor de encasillarlas en un canevas matricial de límites nítidos. Vamos, que había de todo, y bastante revuelto.

Ahorrándoles fatigas intermedias, se puede concluir y documentar, con suficiente rigor, que Europa camina hacia una solución Bachelor + Master; Grado + Postgrado, 1º + 2º Ciclo, que todo es lo mismo, partien-

do de una situación actual en que un 44% de la población estudiada ha aplicado y ultimado el proceso y un 56 % está en vías de hacerlo.

De los 20 países encuestados, la solución Ba+Ma la han aplicado

- 6 países totalmente, en todas sus escuelas (España, Italia, Austria, Países Bajos, Dinamarca y Lituania)
- 10 países parcialmente (Alemania, Bélgica, Finlandia, Rumania, Portugal, República Checa, Irlanda, Francia, Eslovenia, y Grecia)
- El resto, 4 encuestados y 5 con información del Programa Sócrates, puede razonablemente pensarse que van a ello, más o menos estimulados por la situación general.



En cuanto a la duración de estudios, el 44% antes indicado opta por la solución de 5 años, en nuestro argot 3+2, 3 para el Grado (Bachelor) y dos adicionales para el Postgrado (Master). Sólo la Nottingham Trent University del Reino Unido ha establecido un muy moderno sistema de 4 + 1. El 56% restante, con la orientación futura antes mencionada, se sitúa en un intervalo que alcanza desde tres años en un 8% a una escuela noruega con plan de estudios de siete. Sea como fuere y según los estudios que hemos visto y vamos a ver, es razonable trabajar suponiendo una tendencia común futura de 4+1 con intercalaciones de 4+2, según especialidades.

En cuanto a la especialización, está establecida en un 58 % de las Escuelas europeas. Es muy alto el nivel en Noruega, Hungría, Finlandia, Rumanía, Lituania, Portugal, República Checa, Irlanda, Italia, Eslovenia, Países Bajos y, sobre todo, Alemania e Inglaterra.

Es notable que las Universidades que aún no han adoptado el Ba+Ma, sin embargo introducen alternativas de especialización en sus planes de estudios con diversos procedimientos, algunos realmente imaginativos.

Las especializaciones censadas, por orden de frecuencia, son:

- SIG y Gestión Territorial: 20
- Geodesia: 14
- Fotogrametría y Teledetección: 9
- Cartografía: 7
- Catastro: 7
- Geografía y Medio Ambiente: 4
- Geodesia Física e Ingeniería Aplicada: 4
- GPS y Navegación: 2
- Cartografía y Geodesia: 1

## Espacio Europeo de Educación Superior Programa Sócrates



Figura 1

## Modelo Bachelor + Master en Europa



Figura 2

## El Grado de Especialización en Europa



Figura 3

Es claramente mayoritaria la fracción correspondiente a SIG, Gestión Territorial y Geodesia. En cualquier caso, es indudable que la especialización, o lo que es lo mismo, los estudios universitarios de postgrado, llámense como se llamen, son el complemento académico inexcusable y fundamentalmente necesario que es preciso ofrecer a nuestros actuales y futuros profesionales para que desarrollen su actividad con dignidad y eficiencia y estén en condiciones de acceder, tanto en la Administración como en la Empresa Privada, hasta el máximo nivel a que pueda aspirar cualquier otro titulado superior.

Procede ahora, en la secuencia ordenada de exposición propuesta, ocuparse de los Planes de Estudios Europeos.

En Europa, y por lo que respecta a Titulaciones de Grado, se estudian disciplinas y asignaturas que pueden clasificarse en los cuatro apartados diferenciados siguientes :

- **Ciencias Básicas**
- **Materias Comunes a las Ingenierías:**
  - Se incluyen en este apartado Informática y Programación
- **Materias Específicas de la Titulación:**
  - Estadística y Teoría de Ajustes
  - Geografía
  - Otras Geociencias
  - Topografía y Minería
  - Gestión y Planificación Territorial
  - Ingeniería Civil y Construcción
  - Instrumentos y Tecnología
  - Geodesia (Física y Espacial)
  - Posicionamiento y Navegación
  - Fotogrametría y Teledetección
  - Cartografía
  - Cartografía Matemática
  - SIG y Cartografía Digital
  - Catastro y Legislación
- **Materias Transversales:**
  - Administración de Empresas y Economía
  - Gestión
  - Otras

Y de nuevo puede apreciarse que ya en la enseñanza de Grado se asientan las bases de la futura especialización con materias de aplicación e interpretación, afines a las que podemos llamar ciencias y tecnologías clásicas de la métrica de la Tierra. Se estudia Ingeniería Civil, Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y otras cuestiones de aplicación, y existe un porcentaje significativo de Materias Transversales (Administración de Empresas, Economía, Dirección de Empresas, Contabilidad y Balances, Derecho) dirigidas a actividades de Dirección y Gestión Empresarial de recursos materiales y humanos.

AHORA PAGUE SUS COMPRAS EN 6 o 12 MESES

SIN INTERESES

6 meses  
12 meses

Financiamos el 85% IVA incluido  
Financiamos el 75% IVA incluido  
C.E. 1% - C.A. 1%

Oferta de lanzamiento Medidor de Distancia Láser  
Trimble HD-360 y Nivel Automático+Trípode de Aluminio+Mira  
Teleoscópica

Disponemos de servicio de alquiler de GPS TRIMBLE

Consulta nuestros precios y te sorprenderá

OFERTA ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE 3306DR  
+ COLECTOR DE DATOS DATA V50

5.430 € + IVA

“Alquile sus equipos en el parque de maquinaria  
más actualizado y numeroso de España, en  
el que dispone de GPS, estaciones totales,  
colectores de datos, niveles automáticos y  
láser, ...”



Estación Total Trimble 3306DR con ACU  
Precisión angular: 10cc  
Precisión en distancias: 2mm + 2ppm  
Alcance: 2.500 m  
Controlador ACU: con software Trimble Survey Controller  
Medición sin prisma  
Disponibles en 10cc y 15cc



Trimble 3303  
10cc-1.500 m - 3mm+ 3ppm  
Trimble 3305  
15cc-1.300 m - 5mm+ 3ppm  
Trimble 3306  
15cc-1.300 m - 5mm+ 3ppm



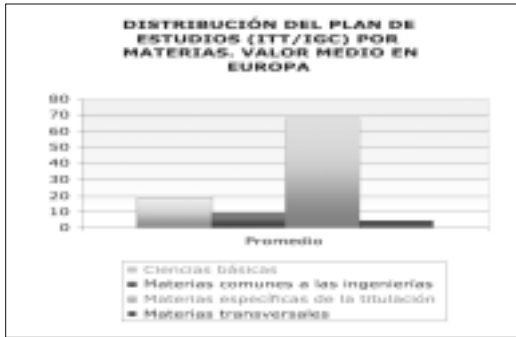
Medidor de Distancia Láser  
Trimble HD-360



Colector de datos DATA V50 bajo Palm Workabout:  
Introducción y salida de datos en formatos:  
CLP, ISTRAM, ISPOL, ficheros ABCI, etc  
Taquimetría - replanteo - Perfiles

En resumen, el Grado Europeo en nuestro campo competencial se obtiene tras superar un Plan de Estudios de cuatro años promedio de duración con un contenido aproximado de:

- 20% de Ciencias Básicas.
- 10% de Materias Comunes a las Ingenierías.
- 65% de Materias Específicas de la Titulación.
- 5% de Materias Transversales.



Y agregando el bagaje de especialización antes referenciado, nuestro colega Profesional Europeo se gana la vida dignamente en multitud de ocupaciones y puestos de trabajo. El Anexo IV de nuestro Libro Blanco se ocupa monográficamente de ello. Es inútil detallarlo. Más vale seleccionar los países encuestados cuya información asequible es más completa y que forman una muestra bien significativa.

**SITUACION EN EUROPA**  
**PAISES INFORMANTES SELECCIONADOS**

*(Ver Anexo IV – Libro Blanco)*

*Alemania*

*Italia*

*Francia*

*Bélgica*

*Austria*

*Portugal*

*Irlanda*

*Dinamarca*

*Suecia*

*Noruega*

*Grecia*

*Polonia*

*R.Checa*

**Con la excepción de Italia y R. Checa en el resto de los países es una posibilidad real:**

**1.-Acceder a puestos de Dirección y Alta Dirección.**

**2.-Trabajar en escenarios más amplios que el español**

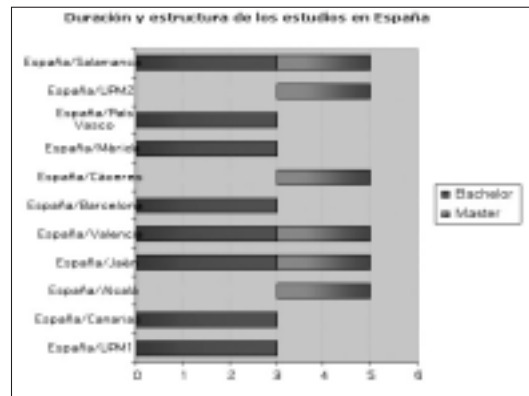
El resultado es comparable al caso español, con la salvedad de que en el resto de los países, con excepción de Italia y la República Checa, existe la posibilidad real de acceder a puestos de Dirección y Alta Dirección. y trabajar en escenarios más amplios que el español.

En definitiva, éste es, según nuestro trabajo, el estado de la cuestión en Europa, a grandes rasgos pero creo sinceramente que con suficiente objetividad y rigor.

Consideremos ahora, siquiera brevemente, la situación correlativa en España.

La titulación universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica se implantó en la Universidad Española en 1954 en la veterana y noble Escuela de Madrid, siendo este año el de su cincuentenario, a cuya celebración me uno con todo cariño y admiración. En 1979 inició su actividad Las Palmas de Gran Canaria, en 1981 Mérida, en 1988 Barcelona, en 1989 Valencia, después y secuencialmente, Jaén, Oviedo, Vitoria, Ávila y, en el curso 2003-04, Santiago y León. Parece ser que existen otros proyectos. No me parece oportuno entrar en el espinoso asunto de si ya hay suficientes Escuelas, pero sí me gustaría aventurar la opinión de que sea cual fuere el proyecto que se emprenda, deberá tener muy en cuenta que si no ofrece una muy alta calidad docente e investigadora desde su iniciación, es difícil augurarle un buen pronóstico. Más claramente, que en la coyuntura actual, a lo menos debe ofrecer garantía de capacidad no sólo para no desentonar, sino para elevar el nivel promedio del grupo.

La titulación de segundo ciclo en Ingeniería Geodésica y Cartográfica se implantó por primera vez en la Universidad Politécnica de Valencia en 1994. Después vinieron Jaén, Madrid, Alcalá de Henares, Ávila y Cáceres.



En resumen; once Universidades, seis de ellas con segundo ciclo.

Se han efectuado encuestas de inserción laboral separadas en las dos titulaciones. En Ingeniería Técnica Topográfica, sobre 1567 titulados se ha logrado una respuesta útil de 442. En Ingeniería Geodésica y Cartográfica, sobre 182, 100 de respuesta útil. En ambos casos la muestra se ha considerado representativa de ambas poblaciones y el proceso de tratamiento y resultados obtenidos es parte de nuestro Libro Blanco.

El nivel de empleo es alto, con un paro sobre el total encuestado del 5,0 % en Ingeniería Técnica Topográfica y del 4,7 % en Ingeniería Geodésica.

Los Ingenieros Técnicos en Topografía son contratados esencialmente por la Empresa Privada (un 80%). Un 10% trabaja en la Administración. Los Ingenieros en Geodesia trabajan en un 30% para la Empresa Privada y en un 50% para la Administración.



### La Ingeniería Técnica Topográfica en España



Figura 4

### La Ingeniería en Geodesia y Cartografía en España



Figura 5

Se llegó al acuerdo fundamental de concurrir a la convocatoria de ANECA con el Proyecto redactado por la Universidad Politécnica de Valencia, Escuela de Ingeniería Geodésica, que era asumido por el resto de las Universidades y Entidades concurrentes.

Las condiciones de contorno y apoyo, sustanciales para la realización del Proyecto eran las siguientes:

- **Red Temática EEGECS**, a la que ya se ha hecho referencia, con 125 socios en los 25 países de la Unión Europea que comprenden a la totalidad de las Universidades que imparten la especialidad, liderada por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica de la Universidad Politécnica de Valencia y afecta al Espacio Europeo de Educación Superior. Programa financiado por la Unión con la finalidad de crear una

única titulación europea y armonizar el sistema de estudios universitarios en la especialidad.

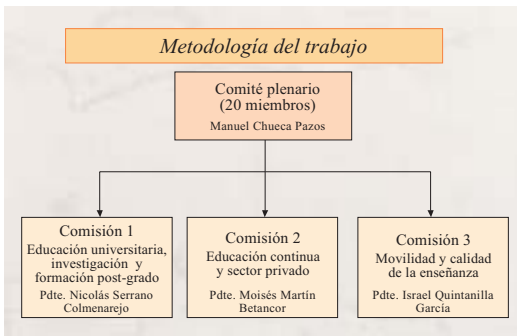
- **Programa Tuning** en el que está encuadrada la Red Temática y que entiende en el diseño de los planes de estudio y recomendaciones hacia el Espacio Europeo de Educación Superior.
- **Red ALFA**, con 23 miembros de 5 países sudamericanos y 10 europeos, uno de cuyos Proyectos, financiado por la Unión Europea y destinado a contribuir a la armonización del sistema de estudios entre Europa y América Latina es coordinado también por la Escuela de Valencia.
- **Experiencias piloto de aplicación de créditos ECTS**, especialmente en la Universidad Politécnica de Valencia, la Universidad de Jaén y la Universidad de Salamanca, donde ya se ha empezado a introducir dicho sistema europeo antes de su preceptiva aplicación en los Planes de Estudios de todas las centros de España
- **Relación con Organismos**, establecidas entre las Escuelas y Departamentos del Grupo con el Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Cartográfico Catalán (ICC), Instituto Cartográfico Valenciano (ICV), Instituto de Geomática de Cataluña, etc.
- **Contacto con la Federación Internacional de Geometras (FIG)**, de cuyas encuestas y base de datos se ha podido disponer.

Con el apoyo descrito se estructuró el trabajo del Grupo en tres Comisiones, presididas por los Profesores Serrano Colmenarejo, de Madrid, Martín Betancourt, de Las Palmas, y Quintanilla

García, de Valencia, cuyo sumatorio da lugar al Comité Plenario, coordinado por este servidor de ustedes.

En síntesis, el trabajo se ha llevado a cabo en la forma siguiente:

- **Comisión 1:** Desarrollo del estado del arte de la especialidad en Europa y otros países, análisis comparativo de sus planes de estudio, del establecimiento del sistema de créditos europeos ECTS y el Suplemento al Diploma y elaboración de una proposición completa del *currículum* académico de la titulación, teniendo en cuenta todas sus variables de investigación, innovación, desarrollo y docencia.
- **Comisión 2:** Análisis del índice de inserción laboral de los titulados a lo largo de los últimos 5 años, reflejando la evolución del balance del mercado de trabajo.



Mejora del atractivo del Area de Educación Superior Europea que nos concierne, creando módulos internacionales, programas master y cursos multinacionales.

Fomento del diálogo entre la Universidad y las empresas privadas fortaleciendo sus vínculos, en términos de investigación y cooperación y, en definitiva, búsqueda de la incidencia más favorable en el empleo de los graduados, en todos sus aspectos.

- **Comisión 3:** Impulso de la movilidad de estudiantes, investigadores, y personal docente en Europa, así como del aprendizaje de lenguas entre toda la comunidad académica.

Mejora de la calidad de la enseñanza (métodos, material académico, identificar las mejores técnicas).

Avance hacia un sistema común de acreditación, hasta el reconocimiento en toda la Unión Europea del o los títulos propuestos, siguiendo las directrices, en cuanto a calidad y acreditación, definidas por la red europea de calidad (ENQA) y evidentemente las marcadas por ANECA.

Hubo que abordar el problema de la dispersión geográfica de los miembros de las Comisiones y Plenario mediante la creación de un entorno Web que, con distintos niveles de accesibilidad, ha sido esencial en la actividad del Grupo. Simplemente, ha hecho posible su trabajo con un mínimo de desplazamientos personales y permitiendo sin embargo la participación de todos sus componentes y el entorno académico y profesional.

Al Comité Plenario se encomendó la toma de decisiones colectivas, en especial la de aprobación y remisión a ANECA del Documento Final.

Efectivamente, dicha aprobación prácticamente unánime se produjo en la reunión celebrada en Madrid el 29 de junio de 2004, estando presente y votando la totalidad del Plenario, con un solo voto en contra y ninguna abstención.

Y la estructura general del Título de Grado propuesto es la que sigue y representamos en cuadros. En primer lugar; algunas definiciones para los que no estén demasiado versados en las últimas novedades docentes y discentes de la Universidad Europea, en su Espacio de Educación Superior; del que inexorablemente hemos de formar parte:

La unidad de medida del Plan de Estudios Europeo, cualquiera que sea la titulación, es el Crédito Europeo ECTS (European Credit Transfer System), o Sistema Europeo de Transferencia de Créditos en castellano galán.

1 crédito ECTS equivale a una dedicación discente comprendida entre un mínimo de 25 y un máximo de 30 horas de trabajo de un estudiante de capacidad media.

Es un giro copernicano con respecto a la concepción anterior; en la que tratábamos de entendernos a través de créditos docentes, en la que 1 crédito equivalía a 10 horas de trabajo del profesor.

La glosa de ambos conceptos nos llevaría seguramente a que nos dé aquí la del alba. Tengan por seguro que comparto sus inquietudes y perplejidades, pero ésta es la decisión que hemos de acatar y de lo que se trata es de obtener de ella el mejor fruto posible. Remar contra corriente puede resultar en ocasiones heroico, pero pocas veces es prudente y menos, rentable.

Se acepta que un curso académico puede expresarse en términos de 60 créditos, equivalentes a un mínimo de 1.500 y un máximo de 1.800 horas de trabajo del estudiante. Obsérvese que hablo de horas de trabajo, no de estudio clásico de flexo, codos, libro, mesa y silla. En ellas se cuentan además el resto de las actividades académicas, como seminarios, prácticas, laboratorios, etc.

Se contemplan dos posibilidades de colación de un título de grado, correspondientes a tres cursos con 180 créditos y cuatro cursos con 240 créditos respectivamente.

Un 70 % debe ser troncalidad obligatoria común a todas las Escuelas.

Nuestra propuesta ha sido la de mayor dedicación académica, con cuatro cursos y un total de 240 créditos, equivalente a 6.000 horas mínimo y 7.200 horas máximo de trabajo del estudiante, resultando por consiguiente 168 créditos troncales y 72 créditos a cubrir con contenidos propios por cada Universidad.

Entrando en más detalle, se asignan 34 créditos ECTS a las Materias Básicas de la Ingeniería, a saber: 17 Créditos a Matemáticas, 8,5 Créditos a Física y 8,5 Créditos a Informática.

ESTRUCTURA GENERAL DEL TÍTULO EN CRÉDITOS ECTS	
CONTENIDOS COMUNES OBLIGATORIOS	70% (168 créditos)

Bloque I: MATERIAS BÁSICAS GENÉRICAS (34 créditos)			
Bloques Específicos	CRÉDITOS ECTS	Horas de trabajo del estudiante	
		Horas mínimo	Horas máximo
MATEMÁTICAS	17	425	510
FÍSICA	8,5	212,5	255
INFORMÁTICA	8,5	212,5	255
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>850</b>	<b>1020</b>

27 créditos se asignan a Materias Comunes a la Ingeniería, en la forma de 12,5 Créditos a Ingeniería Civil, 3,5 Créditos a Ingeniería Gráfica, 3,5 Créditos a Ingeniería Ambiental, 3,5 Créditos a Geomorfología y 4,0 Créditos a Proyectos de Ingeniería.

Bloque II: MATERIAS COMUNES A LA INGENIERÍA (27 créditos)			
Bloques Específicos	CRÉDITOS ECTS	Horas de trabajo del estudiante	
		Horas mínimo	Horas máximo
INGENIERÍA CIVIL	12,5	312,5	375
INGENIERÍA GRÁFICA	3,5	87,5	105
INGENIERÍA AMBIENTAL	3,5	87,5	105
GEOMORFOLOGÍA	3,5	87,5	105
PROYECTOS DE INGENIERÍA	4	100	120
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>675</b>	<b>810</b>

El bloque más extenso, de 100 créditos, es lógicamente el de Materias Específicas que, con la distribución del cuadro, comprende 9 asignaturas clásicas, desde Geodesia hasta Catastro.

Bloque III: MATERIAS ESPECÍFICAS (100 créditos)			
Bloques Específicos	CRÉDITOS ECTS	Horas totales estudiante	
		H. mín.	H. máx.
TOPOGRAFÍA	18	450	540
AJUSTE DE OBSERVACIONES	5	125	150
FOTOGRAMETRÍA Y TELEDETECCIÓN	18	450	540
CARTOGRAFÍA	18	450	540
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	7	175	210
GEODESIA Y ASTRONOMÍA	12	300	360
GEOFÍSICA	5	125	150
SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GEOGRÁFICO Y NAVEGACIÓN	7	175	210
CATASTRO Y ORDENACIÓN TERRITORIAL	10	250	300
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>2500</b>	<b>3000</b>

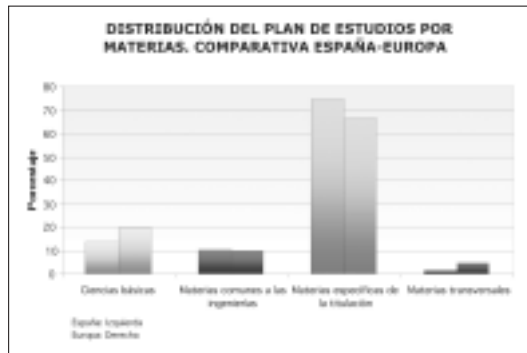
Y 7 créditos se aplican a materias transversales en dos asignaturas; 3 Créditos a Legislación y 4 Créditos a Gestión y Economía de Empresas.

Bloque IV: MATERIAS TRANSVERSALES (7 créditos)			
Bloques Específicos	CRÉDITOS ECTS	Horas de trabajo del estudiante	
		Horas mínimo	Horas máximo
LEGISLACIÓN	3	75	90
ECONOMÍA Y GESTIÓN DE EMPRESAS	4	100	120
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>175</b>	<b>210</b>

El resumen de los 168 créditos de troncalidad es el del cuadro siguiente. Agréguese los 72 créditos libres a asignar por cada Universidad y queda completo el título de grado.

ESTRUCTURA GENERAL DEL TÍTULO EN CRÉDITOS ECTS			
CONTENIDOS COMUNES OBLIGATORIOS		70% (168 créditos)	
Bloques Específicos	CRÉDITOS ECTS	Horas total estudiante	
		H. mín.	H. máx.
Bloque I: Materias Básicas Genéricas	34	850	1020
Bloque II: Materias Comunes a la Ingeniería	27	675	810
Bloque III: Materias Específicas	100	2500	3000
Bloque IV: Materias Transversales	7	175	210
<b>Total</b>	<b>168</b>	<b>4200</b>	<b>5040</b>

En definitiva, en los cuatro bloques de disciplinas descritos, y puedo asegurar que sin buscarlo expresamente, el resultado es muy congruente con el promedio europeo, como puede apreciarse en la figura. Es claro que después del riguroso y documentado trabajo efectuado por el Grupo tampoco era razonable esperar otra cosa.



Merece la pena leer en el Libro Blanco el informe de la Comisión Evaluadora del Título de Grado, compuesta por dos Rectores (el de la Universidad de Cantabria y el de la Politécnica de Cataluña), tres Catedráticos expertos en el Programa de Convergencia Europea, y el propio Catedrático Coordinador, Prof. Dr. Gaspar Rosselló. Es favorable, tal vez más de lo usual, somos el primer Libro Blanco de una Ingeniería, hemos dado un importante sensación de unanimidad y nadie nos discute que podamos codearnos con cualquier titulación técnica superior (lo que no es cualquier cosa, porque hasta hace bien poco tiempo, incluso en ANECA, esto no sucedía). Literalmente destacamos los siguientes párrafos:

*"Los evaluadores del proyecto consideran que éste responde al espíritu de la convocatoria.*

*Se realiza un análisis detallado, muy bien estructurado y documentado, de la situación de los estudios tanto en Europa como en España.*

*Los estudios de inserción laboral también se llevan a cabo de manera rigurosa, con una encuesta de diseño propio y significativa. Dicha encuesta se aprovecha para establecer funciones de los titulados.*

Es importante destacar la detallada descripción de competencias profesionales, disciplinares y académicas.

*Una vez corregidas las mejoras sugeridas, recomendamos la publicación del Libro Blanco y su remisión al Consejo de Coordinación Universitaria y a la Dirección General de Universidades".*

Todo ello debe ser motivo de satisfacción para todos. Es posible que sea el principio de un importante servicio que en la coyuntura actual podamos prestarle a nuestra profesión y a nuestros estudiantes y titulados.

Però todavía falta trecho para ver nuestro Libro Blanco transformado en legislación publicada en el Boletín Oficial y la acción debe continuar, sin bajar la guardia. Que todo es toro, hasta el rabo. De momento, nuestro Libro debe ir al Consejo de Coordinación Universitaria y a la Dirección General de Universidades y recibir allí su oportuna aprobación. Vigilemos y actuemos lo preciso para que las cosas salgan bien. Y no olvidemos que es absolutamente esencial completar el trabajo logrando un buen postgrado.

En definitiva, todo se resume en el apartado de "Síntesis y Conclusiones Finales" del Libro Blanco, que citamos literalmente:

*"La actual Área de Conocimiento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de nuestra ordenación académica vigente está atendida por las titulaciones de Ingeniería Técnica Topográfica e Ingeniería en Geodesia y Cartografía a quienes se ha dedicado el presente trabajo. En él han colaborado la totalidad de las Universidades Españolas que las imparten y los Colegios y Asociaciones Profesionales que encuadran a sus egresados. Llegada la hora de refundirlas en un solo título de grado que se integre en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), las conclusiones fundamentales e irrenunciables que se han argumentado y desarrollado son en síntesis las siguientes:*

**Unánimemente se acuerda que:**

1.- La denominación de la Titulación de Grado debe ser:

**INGENIERO EN GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA**

*Que concierne y se refiere a los saberes, ciencias y destrezas de la métrica, representación, estudio e interpretación del territorio y sus aplicaciones tratadas en cualquier soporte físico, temática, escala, dimensión y ámbito, desde la más global a la más reducida. Entiende en la teoría y praxis permanentemente actualizada de cuantas disciplinas y tecnologías sean de interés para la mejor y más rigurosa consecución de los fines descritos y el desarrollo, investigación e innovación de los métodos e instrumentos que deban en cada ocasión utilizarse.*

*En su primera acepción, la Geomática define la vocación de progreso y adelantamiento profesional que se proyecta y proyectará en el presente y hacia el futuro en la vanguardia de las que se puedan calificar en cada momento como Nuevas Tecnologías.*

*En su segunda acepción, la Topografía recuerda la tradición de milenios, a la que no se renuncia, incluyendo el estudio de la propia Historia, y en la que se cimienta solidamente el quehacer diario de titulación y titulados.*

2.- La estructuración académica de la Titulación de Grado será de:

**CUATRO CURSOS REGLADOS EN 240 CRÉDITOS ECTS Y PROYECTO FINAL DE CARRERA OBLIGATORIO, SEGUIDA DE POSTERIOR EXTENSIÓN OPCIONAL EN FORMA DE MASTER O MAESTRÍA DE 60/120 CRÉDITOS ECTS EN LAS ESPECIALIDADES QUE EN SU MOMENTO SE DETERMINEN**

*La formación de postgrado se considera esencial para completar el trabajo iniciado con la presente convocatoria, de tal manera que el Grupo de Universidades y Colegios y Asociaciones Profesionales concurrente decide no disolverse e iniciar el estudio de su especificidad de inmediato, en espera de poder estar presente en la cercana invitación oficial al respecto que se espera por parte de ANECA con la mejor preparación que le sea dado alcanzar y pasando por menos premuras y agobios que los sobrelevados en esta ocasión que aquí concluye.*

*Finalmente, se acuerda remitir a ANECA sin más dilaciones este documento, en la presente redacción y corregido según las modificaciones propuestas por ella, con un único voto en contra y ninguna abstención, a efectos de instar la publicación del oportuno:*

**LIBRO BLANCO DE LA TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA"**

Y llega el momento de terminar, y quisiera hacerlo con el siguiente texto:

*"Pensamos que es de justicia y de mejor servicio a la Sociedad seguir luchando para poder estar presentes y aspirar a cualquier nivel, incluso el más alto, allá donde se trabaje sobre la métrica e interpretación del territorio sea cual fuere su aplicación y objeto".*

Ojalá que estos nuevos trabajos, como los que les precedieron, ayuden a lograrlo. En nombre propio y del equipo que tengo el honor de coordinar les aseguro que no aspiramos a mayor galardón. ■

# Novedades Técnicas

## AUTODESK PRESENTA SUS NUEVAS SOLUCIONES DE DISEÑO CARTOGRAFICO

Autodesk ha anunciado la disponibilidad de su nueva suite de soluciones de cartografía en nuestro país. Esta completa gama de productos incluye **Autodesk Map 3D 2005**, **Autodesk Raster Design 2005** y **Autodesk MapGuide 6.5** y permite al profesional crear, gestionar y compartir información geográfica (SIG) y de diseño (CAD) de forma integrada y eficaz.

### Creación de mapas rápida y sencilla con Autodesk Map 3D 2005

La potente herramienta de cartografía 2D y 3D de precisión y análisis de SIG para crear, mantener y producir mapas, integrar datos de varias fuentes y formatos, realizar análisis de datos y producir mapas temáticos de forma rápida y sencilla.

La nueva versión permite trabajar de forma "inteligente" con superficies 3D incluyendo puntos, grupos de puntos, superficies y análisis de superficies. Mejora en la facilidad de uso, en compartir datos y la personalización con el administrador de visualización, las mejoras en mapas temáticos, la creación y el intercambio de archivos de diseño DWF (diseño Web Format) para compartir proyectos, las mejoras en importaciones, exportaciones y API.

### Tratamiento de imágenes con Autodesk Raster Design 2005

Gracias a su nueva interfaz, permite una mejor gestión, manipulación y edición de las imágenes, el soporte para imágenes de varios espectros, así como para datos en formato *Digital Elevation Model* (DEM). Incorpora también mejoras en la visualización de imágenes raster, de forma que los usuarios pueden analizarlas y visualizarlas con mayor

comodidad, gracias a la cartografía en color y el soporte de formatos de datos raster adicionales.

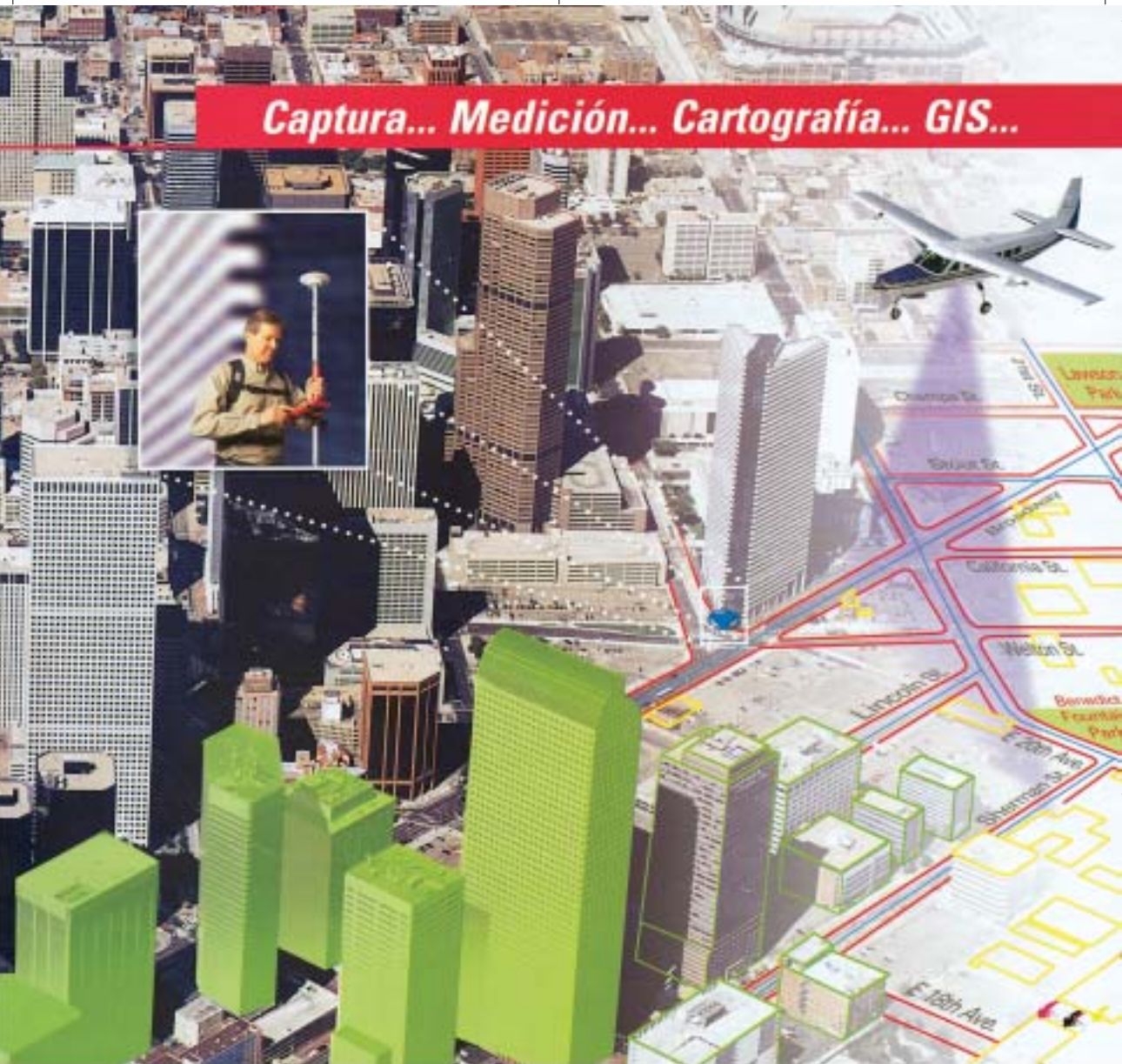
### Análisis y distribución de la información: Autodesk MapGuide 6.5

Se trata de una herramienta destinada a construir aplicaciones, integrar múltiples fuentes de información y distribuirlas fuera del equipo de diseño. Se ha mejorado el soporte de Autodesk Map y de archivos AutoCAD DWG. Además, incorpora un visor Java mejorado y la posibilidad de disfrutar de las funciones avanzadas de Oracle 10g. La solución facilita la integración de múltiples fuentes o servidores de información y ofrece una forma más rápida, fácil y flexible de consultar, analizar y distribuir información crítica de negocio.

La solución completa de cartografía cubre cada fase del ciclo de vida de las infraestructuras, desde la creación hasta la gestión y la distribución, permitiendo que los usuarios creen fácilmente y con precisión datos espaciales; importen e integren una amplia gama de formatos nativos de SIG e ingeniería sin pérdida de información y pongan al día la información a integrar inmediatamente a los que la necesiten. Los usuarios pueden leer y escribir datos de SIG desde y directamente a ESRI, bases de datos espaciales Oracle y otros sistemas, y pueden integrar la mayoría de los datos, así como proyecciones, sin conversión, para aumentar las sinergias entre SIG y CAD.

Estas soluciones están respaldadas por **Autodesk Consulting** e incluyen formación para la integración y para que los usuarios puedan obtener el máximo rendimiento de sus inversiones en el software de Autodesk. La manera más sencilla de mantener actualizadas las herramientas de diseño de Autodesk es el **Programa de Suscripciones de Autodesk**. Para información más detallada, visite la web [www.autodesk.es](http://www.autodesk.es).

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



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

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

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

Leica Geosystems GIS & Mapping, S.L. General Diaz Portier, 18. 28001 Madrid. Tel.: 915 766 579. Fax: 915 764 408. [www.gis.leica-geosystems.com](http://www.gis.leica-geosystems.com)



**ERDAS**  
geographic imaging made simple™



**Leica**  
Geosystems

## NUEVA ESTACION TOTAL TPS 800 DE LEICA GEOSYSTEMS



Leica Geosystems ha sacado al mercado un nuevo producto: la serie TPS800 de estaciones totales para construcción y topografía.

Basada en la exitosa gama TPS 700, la nueva TPS 800 es el instrumento idóneo para aquellos profesionales que requieren un aparato para su uso en campo y cuyas características hagan fácil su manejo y el aprendizaje de sus funciones. El módulo de medida electrónica de distancias es

fruto de la tecnología de Leica Geosystems, pudiendo medir hasta 3.000 metros con un único prisma y hasta 200 metros sin él. Además, todos los instrumentos TPS 800 son entregados con una dotación de programas informáticos mayor que sus predecesores, ofreciendo nuevas opciones que aumentan la eficiencia de la estación total TPS800.

La TPS 800 ha sido creada para usuarios avanzados de estaciones totales tradicionales. Es muy rápida en las mediciones y en las operaciones, su manejo es fácil de aprender y lleva un potente conjunto de programas que permiten realizar, fácil y rápidamente, su trabajo a los topógrafos e ingenieros en la construcción o en cartografía. La gran pantalla de alta resolución, perfectamente legible bajo cualquier tipo de luz, hace que el trabajo sea mucho más relajante.

Las magníficas prestaciones de la TPS 800 permiten una medición sin reflector hasta los 200 metros con un láser rojo muy definido. El rayo mide hasta el más pequeño espacio o esquina de los edificios, sin necesidad de enfocar. La conocida función de flujo de trabajo de Leica Geosystems ALL-DIST-REC deja la opción al usuario de separar la operación de medición de distancia y la de ángulo, lo que permite realizar mediciones que resultan más difíciles de conseguir con otros instrumentos.

El nuevo software incorporado mejora ampliamente la eficiencia de una estación total. El método sencillo de introducción de datos lineales de carreteras permite que el ajuste de líneas, curvas o espirales, a lo largo de la carretera, sea

más simple. Nuevas funciones, como el programa informático incorporado COGO, hacen que las mediciones topográficas con la TPS 800 sean más potentes. Todas las aplicaciones innovadoras de construcción combinan en un único flujo de trabajo todas las tareas topográficas que típicamente se llevan a cabo en las obras públicas y en edificios. Una simple función permite incluir mediciones de un punto polar escondido, por eso con la TPS 800 se pueden medir hasta los puntos más inaccesibles. Nuevas y adicionales mejoras de los programas completan el nuevo paquete de software incluido en la TPS 800.

*"Creemos firmemente que la TPS 800 es el mejor instrumento en su categoría", ha declarado Christian Schaefer, responsable y jefe de producto de la TPS 800. "El excelente distanciómetro electrónico, EDM, es el más rápido en el mercado. Y ahora con la introducción de las nuevas funciones operativas y programas informáticos incorporados, la topografía es más fácil, más rápida y más potente. Todo eso aumenta de manera importante la productividad de un usuario de la TPS 800".*

Las estaciones totales de Leica Geosystems, además, ofrecen múltiples ventajas: desde la utilización de pilas como las de una videocámara estándar, que pueden durar para un día entero de trabajo, hasta el compensador electrónico Dual-Axis. El rayo del EDM, tan definido y preciso, permite enfocar a objetivos muy precisos, ofreciendo normalmente una exactitud de 2 mm al prisma con un tiempo de medición por debajo de un segundo. El puerto serie deja la posibilidad al usuario de utilizar y manejar fácilmente otras aplicaciones que no están incorporadas en la TPS 800, como programas de PC o PDA comerciales que se pueden enviar vía cable o BlueTooth.



## LA AVANZADA TECNOLOGIA DE TRIMBLE AMPLIA LAS CAPACIDADES DE LOS SISTEMAS DE MOVIMIENTOS DE TIERRA

Trimble ha presentado una nueva versión del sistema SiteVision GPS, la 5.5. Este avanzado sistema ha sido diseñado para mejorar los requerimientos de rendimiento de excavadoras con cucharas inclinables como accesorio. El sistema SiteVision GPS de Trimble establece un nuevo estándar para medir la inclinación de lado a lado de la cuchara inclinable de la excavadora y ofrece características adicionales diseñadas para aplicaciones en viales.

El sistema SiteVision GPS utiliza antenas GPS dobles para calcular la posición de la cuchara u hoja de la máquina. Una computadora interna determina la posición de cada punta de la hoja o de la cuchara y compara dichas posiciones con una elevación de diseño. Luego calcula el corte (desmonte) o relleno (terraplén) según la cota. Esta información se muestra en la pantalla de la cabina y los datos de corte/relleno se utilizan para manejar las válvulas para el control automático de la hoja y se pasa a las barras de luces de SiteVision que guían al operador hacia arriba o hacia debajo de la cota o hacia la derecha o izquierda de una alineación definida.

Con esta nueva versión, el receptor GPS mide la posición 3D de ambas puntas de la cuchara inclinable. La característica cuchara inclinable de SiteVision permite al contratista usar este tipo de cuchara como accesorio en una excavadora cuando está realizando trabajos en los que tiene que excavar según un plano inclinado perpendicular al eje de la pluma, como en el caso de zanjas con paredes inclinadas. Los sensores de ángulo de estado sólido AS300 del sistema SiteVision se han diseñado específicamente para que resulten fáciles de instalar en las excavadoras. Los sensores están montados en el varillaje de la pluma, del balancín y de la cuchara inclinable; la salida se emplea para calcular la posición relativa de los dientes de la cuchara inclinable. Todo ello se combina con el posicionamiento GPS para calcular una orientación y posición 3D precisa. Puesto que los sensores AS300 no cuentan con piezas móviles, son más robustos y más adecuados para aplicaciones que requieren una alta fiabilidad. Además, los sensores pueden sumergirse hasta unos 20 metros en el agua.

Los contratistas ahora también pueden optar por utilizar codificadores para aplicaciones de alta precisión o sensores de ángulo para operaciones bajo el agua o que exigen una mayor robustez, lo que resulta ideal para los

contratistas que están involucrados en tareas de dragado u otras aplicaciones hidrográficas cercanas a la costa.

Al haber sido diseñado para utilizarse en todo tipo de máquina, el software del sistema SiteVision GPS ofrece diversas características nuevas:

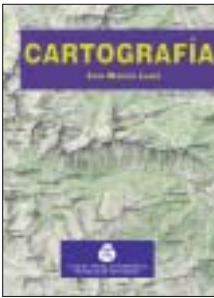
- **La elevación en capas** permite que los usuarios finales generen un relleno grande en capas. Esto es ideal para la construcción de carreteras, donde las capas son paralelas a la superficie de la carretera, pero se extiende para intersectarse con el talud lateral.
- **La distancia al eje perpendicular** permite que la superficie esté desplazada perpendicularmente en lugar de verticalmente, para asegurar el relleno correcto en superficies inclinadas. En cualquier momento el operador puede elegir el tipo de distancia al eje a utilizar: perpendicular o vertical.
- **Los menús configurables por el usuario** permiten que el encargado personalice las funciones del sistema según un operador o trabajo específico.
- La característica de **software de líneas 3D** proporciona guía a la máquina sin la necesidad de crear una superficie de diseño completa.

La nueva versión del sistema SiteVision GPS de Trimble está ya disponible a través de la red de distribuidores de la División de Ingeniería y Geomática de Trimble.

Para obtener más información, visitar la página web de Trimble <http://www.trimble.com>.



# Libros Técnicos



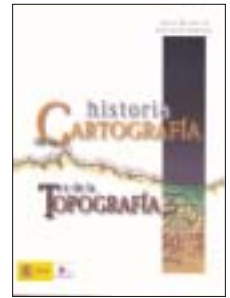
Título: Cartografía  
Autor: José Martín López  
33,10 € Ref. 701  
(24,10 € colegiados y alumnos E.U.I.T.T.)



Título: Las series del mapa topográfico de España a Escala 1:50.000  
Autores: Luis Urteaga y Francesc Nadal  
21,03 € Ref.: 038



Título: Cartógrafos Españoles  
Autor: José Martín López  
27,10 € Ref.: 021



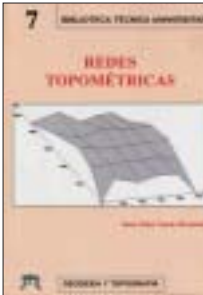
Título: Historia de la Cartografía y de la Topografía  
Autor: José Martín López  
41,60 € Ref. 039



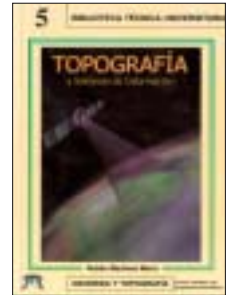
Título: Fotogrametría Moderna: Analítica y Digital  
Autor: José Luis Lerma García  
43,34 € Ref. 5006



Título: Fotogrametría analítica  
Autores: Felipe Buil - Amparo Núñez - Juan José Rodríguez  
11,54 € Ref.: 804



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: Problemas de Fotogrametría I  
Autor: José Lerma García  
10,20 € Ref.: 5001



Título: Problemas de Fotogrametría II  
Autor: José Lerma García  
11,75 € Ref.: 5003



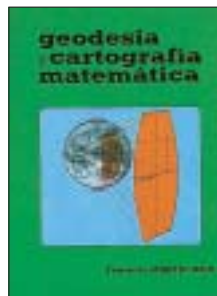
Título: Problemas de Fotogrametría III  
Autor: José Lerma García  
8,70 € Ref.: 5002



Título: Aerotriangulación: Cálculo y Compensación de un bloque fotogramétrico  
Autor: José Lerma García  
18,54 € Ref.: 5004



Título: Geodesia (Geométrica, Física y por Satélites)  
Autores: R. Cid Palacios y S. Ferrer Mtnez.  
24,10 € Ref.: 030



Título: Geodesia y Cartografía Matemática  
Autor: Fernando Martín Asín  
32 € Ref. 205



Título: Transformaciones de coordenadas  
Autores: J. A. Pérez y J. A. Ballell  
18 € Ref.: 6007



Título: Catastro de Rústica  
Autores: José Luis Berné Valero y Carmen Femenia Ribera  
31,68 € Ref. 5005



Título: **Sistemas de Información Geográfica Prácticas con ArcView**  
 Autores: **N. Lantada Zarzosa y M. A. Núñez Andrés**  
**19,00 € Ref. 803**



Título: **Topografía de obras**  
 Autor: **Ignacio de Corral Manuel de Villena**  
**25,00 € Ref. 802**



Título: **Topografía subterránea para minería y obras**  
 Autores: **Miguel Estruch Serra y Ana Tapia Gómez**  
**30,00 € Ref. 804**



Título: **Fundamentos Teóricos de los Métodos Topográficos**  
 Autor: **Alonso Sánchez Ríos**  
**15,70 € Ref. 6002**



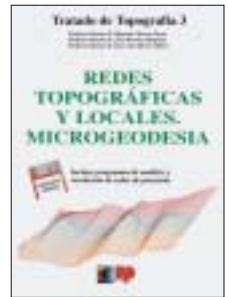
Título: **Problemas de Métodos Topográficos (Planteados y Resueltos)**  
 Autor: **Alonso Sánchez Ríos**  
**15,70 € Ref. 6003**



Título: **Tratado de Topografía 1**  
 Autores: **M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné**  
**42,10 € (36,10 € coleg.) Ref. 2001**

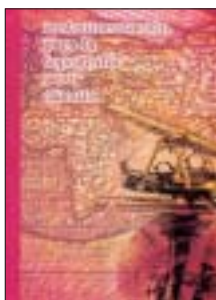


Título: **Tratado de Topografía 2**  
 Autores: **M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné**  
**51,10 € (42,10 € coleg.) Ref. 2002**



Título: **Tratado de Topografía 3**  
 Autores: **M. Chueca, J. Herráez, J. L. Berné**  
**36,10 € (30,10 € coleg.) Ref. 2003**

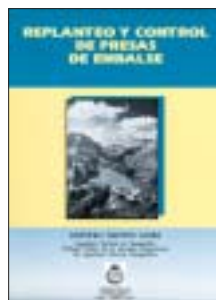
**Los tres volúmenes: 129,22 € (90,15 € colegiados)**



Título: **Instrumentación para la Topografía y su cálculo.** Autor: **Ignacio de Paz**  
**26,75 € (+CD por 33,70 €)**  
**Ref. 7001**



Título: **Introducción a las Ciencias que estudian la Geometría de la Superficie Terrestre**  
 Autores: **J.J. de San José, J. García y M. López**  
**30,10 € Ref. 6001**



Título: **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**

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

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

N.º Ref.	Cantidad	Título	Precio unitario	Total

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

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

Forma de pago:  talón nominativo  giro  transferencia C/C: 2032-0037-50-3300010988

Remitir justificante de giro o transferencia.

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

# Bibliografía

## **Catastro y Valoración Catastral**

**José Luis Berné Valero, Carmen Femenia Ribera**

**y Jerónimo Aznar Bellver**

**Ed. Universidad Politécnica de Valencia**

**Valencia, 2004**

**575 págs. 40,25 € (IVA incluido)**

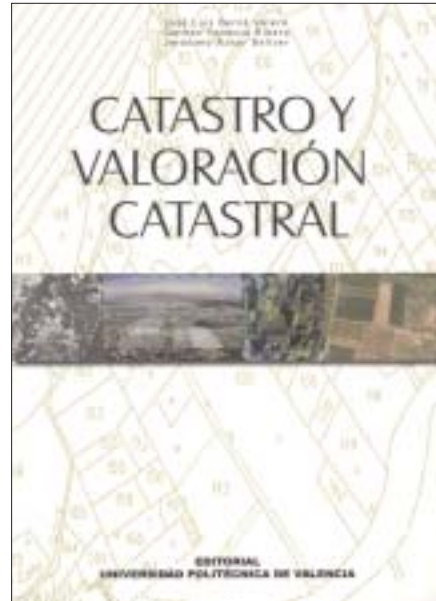
Pocos son los libros que sobre Catastro se publican y menos los que tratan los temas catastrales bajo una óptica distinta de la meramente fiscal, objetivo este último que para una gran cantidad de personas, entre ellas algunas que se declaran expertos en Catastro, es el único que tiene. Craso error, equivalente al que supondría determinar como único objetivo del censo de población que periódicamente realiza el Instituto Nacional de Estadística, el de conocer el número de personas que podrían ser movilizadas por el ejército en caso de guerra.

El Catastro, como registro de bienes inmuebles, rústicos y urbanos, tiene innumerables usos y aplicaciones, pero quizás sea la más importante la de identificar la propiedad del territorio y su distribución, datos éstos fundamentales para realizar cualquier tipo de planificación territorial seria. De su papel como elemento identificador de la propiedad deriva su utilidad fiscal.

Pero el Catastro en un país moderno no puede ser un mero registro literal de propiedades, con sus superficies y usos indicados a ojo de buen cubero y los datos de sus propietarios tomados al oído, sino que las propiedades en él registradas han de estar descritas con la mayor precisión posible, si queremos que en realidad sea de utilidad pública. Esto, que a cualquiera hoy en día le parece una perogrullada, no fue así hasta hace bien poco, pues no en balde las contribuciones territoriales de rústica las fijaba el Ministerio de Hacienda, antes de la creación del Centro de Gestión Catastral, hoy Dirección General del Catastro, según unos criterios muy variables, que iban desde la medición de superficies directamente sobre fotografías aéreas sin rectificar hasta ponderaciones por municipios, no siendo esto lo peor, sino que se hacía habiendo, como había, un levantamiento catastral de bastante precisión realizado por Ingenieros Técnicos en Topografía dependientes del Instituto Geográfico Nacional, que si bien no cubría toda la superficie del país, siempre fue tenido como la documentación más precisa de este tipo que existía... menos en el Ministerio de Hacienda.

Por suerte, hace ya tiempo que las cosas han cambiado y lo seguirán haciendo, siendo hoy impensables prácticas que hace veinte años eran comunes. Sin embargo, ante la dejadez que del trabajo realizado por los topógrafos hizo la Administración, los planes de estudio de las Escuelas en que éstos se formaban fueron desplazando las materias relacionadas con el Catastro al cajón de las "marías", habiéndose producido durante unos años (no muchos, en verdad) un vacío en la formación catastral de los Ingenieros Técnicos en Topografía.

Pues bien, eso también ha cambiado, y cada vez se le viene dando más importancia a la enseñanza del Catastro, tanto en sus aspectos topográficos como



legales, en los programas de estudio. Este logro ha sido fruto no sólo del cambio de circunstancias, sino de la labor callada, esforzada y muchas veces incomprendida que durante años han venido realizando los profesores encargados del Catastro en las Escuelas de I.T. Topográfica. Esta labor se hacía aun más ardua por la carencia de manuales sobre el tema, carencia que ya hace cuatro años se palió parcialmente con el libro *Catastro de Rústica*, que publicaron José Luis Berné y Carmen Femenia, coautores de este que hoy presentamos.

Mientras que aquél era una magnífica introducción a aquellos aspectos del catastro que interesan a los topógrafos, éste, *Catastro y Valoración Catastral*, es un completísimo manual, cuya lectura es del mayor interés tanto para estudiantes como para los ya profesionales de la Topografía, quienes durante tantos años hemos tenido que andar preguntando a compañeros más experimentados en estas lides en cuanto nos surgía un trabajo con connotaciones catastrales.

El libro está dividido en dos partes: *Catastro y Valoración Catastral*. La primera parte contiene los siguientes 11 capítulos: *Catastro en España, Historia del Catastro, Técnicas de Ejecución Catastral, Cartografía Catastral de Rústica, Cartografía Catastral de Urbana, Legislación del Catastro Inmobiliario, Otros Sistema de Administración Territorial, Catastro en la Red, Registro de la Propiedad en España, Características Físicas en el Registro de la Propiedad, Coordinación Catastro y Registro de la Propiedad*.

La segunda parte contiene los siguientes 5 capítulos: *Introducción a la Valoración, Metodología en Valoración Catastral, Valoración catastral Rústica, Valoración Catastral Urbana, Finalidad de la Valoración catastral*.

Este libro ha sido fruto de la colaboración de los Departamentos de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría y de Economía y Ciencias Sociales de la Universidad Politécnica de Valencia, en la que ejercen la docencia los autores.

# Cada día más cerca de usted

# Nuevo Topocenter

# País Vasco-Navarra



**Topocenter País Vasco**  
grupo al-top

Tel. 945 13 10 24 • 616 012 096  
ylopandietorre@al-top.com



**Topocenter Galicia**  
grupo al-top

**Topocenter País Vasco**  
grupo al-top

**Topocenter Madrid**  
grupo al-top

**Topocenter BCN**  
grupo al-top

**Topocenter Balears**  
grupo al-top

Tel. 860 125 100 • gromelo@al-top.com



**Topocenter Galicia**  
grupo al-top

Tel. 986 77 21 11 • 618 303 238  
prodriqueo@al-top.com



**Topocenter Madrid**  
grupo al-top

Tel. 91 371 82 98 • 692 590 874  
lperez@al-top.com



**Topocenter BCN**  
grupo al-top

Tel. 93 340 05 73 • 656 848 582  
olorena@al-top.com

**20**  
años  
**al-top**  
TOPOGRAFIA

**Trimble**  
SERVICIO TÉCNICO OFICIAL

Bofarell, 14, bajos. 08027 Barcelona  
Tel. 93 340 05 73. Fax 93 351 95 18  
www.al-top.com al-top@al-top.com

**al-top**  
TOPOGRAFIA



# COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS EN TOPOGRAFÍA

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

El Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía convoca el Cuarto 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 2004 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, 2º C, 28008 Madrid), antes del 11 de febrero de 2005, 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 traslado del 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 2005.

### 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:

<b>Primer Premio:</b>	<b>1.500 €</b>
<b>Segundo Premio:</b>	<b>900 €</b>
<b>Tercer Premio:</b>	<b>450 €</b>

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 2005 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 expone 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.

# Vida Profesional

## ENTREGA DE DIPLOMAS EN LA E.U. DE I.T. TOPOGRÁFICA DE MADRID

El pasado 22 de octubre tuvo lugar el acto de entrega de diplomas a la XLVII Promoción de Ingenieros Técnicos en Topografía de la E.U. de I.T. Topográfica de Madrid, que se celebró en el salón de actos de dicho centro.

El acto fue abierto por el Excmo. y Mgfc. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, D. Javier Uceda Antolín. A continuación dictó la lección final del curso, titulada *Técnicas espaciales topográficas con diseño asistido. Un ejemplo de aplicación a la rehabilitación de Monumentos del Patrimonio Nacional*, el Profesor D. Lorenzo Ibáñez Pastor, quien ilustró a los asistentes sobre tan interesante tema.

Acto seguido, se procedió a la entrega de diplomas a los Ingenieros Técnicos en Topografía recién titulados y de insignias a los números uno y dos de esta XLVII Promoción. Posteriormente tomó la palabra D. Andrés Díez Galilea, Vicedecano del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, quien, en representación del Decano del COITT,

leyó una misiva del mismo a los presentes, en la que, además de excusar su asistencia a este acto por coincidir con el de clausura del TOP-CART 2004, felicitó a los recién egresados diciéndoles, entre otras cosas:

*"Hoy saltáis amarrias, abris el rumbo y os lanzáis a la vorágine que supone el desarrollo de vuestra profesión, a la que vais a dedicar, al menos, un tercio de vuestra vida, que os ha de satisfacer en todos los aspectos, no sólo profesionales, sino también económicos, humanos, sociales, etc.*

*Para esta singladura vais a necesitar un punto de referencia, un faro, que os sirva de apoyo, de guía a lo largo de la misma, y ese no es otro que el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, cuya misión principal es, según rezan los Estatutos, "... la representación y defensa de la profesión de Ingeniero Técnico en Topografía ..."; esos mismos Estatutos establecen, en su artículo 3º: "El Colegio agrupa a los Ingenieros Técnicos en Topografía que practiquen el ejercicio profesional, siendo REQUISITO INDISPENSABLE LA COLEGIACIÓN en esta Corporación oficial para poder ejercer legalmente la profesión..."*

*La pertenencia al Colegio, la colegiación, no sólo viene a cumplir un requisito legal, sino que, además, os conducirá a una institución que ha velado, vela y velará siempre por el bien de sus Colegiados y el de la Ingeniería Técnica Topográfica en general, defendiéndoles donde y cuando sea necesario, vigilando siempre por la mayor calidad de los trabajos realizados y procurando que nuestra profesión sea cada día más y más valorada por esta nuestra sociedad"*.

A continuación tomó la palabra el Ilmo. Sr. Director de la E.U. de Ingeniería Técnica Topográfica de Madrid, D. Alfredo Llanos Viña, quien felicitó a los recién



**Presidencia del Acto de Entrega de Diplomas. De izquierda a derecha: Sr. Vicedecano del COITT, D. Andrés Díez Galilea; Ilmo. Sr. Director de la EUIT Topográfica de Madrid, D. Alfredo Llanos Viña; Excmo. y Mgfc. Sr. Rector de la UPM, D. Javier Uceda Antolín; Sr. Vicerrector de Ordenación Académica de la UPM, D. Carlos Conde Lázaro; Ilmo. Coronel Jefe del Centro Cartográfico y Fotográfico del Ejército del Aire, D. Ángel Gómez Talavera.**



**El Ilmo. Sr. Director de la EUIT Topográfica de Madrid, D. Alfredo Llanos Viña dirigiéndose a los asistentes al acto.**

titulados en este año en que se cumplen los 50 de la creación de esta Escuela y, entre otras cosas, dijo:

*“En este momento de despedida a antiguos alumnos, quería exponerles con brevedad alguna de las transformaciones que se están experimentando en su Universidad y en su Escuela y que podrían afectarles de manera más*

*o menos directa en algún momento, y transformar, quizá, este adiós en un hasta muy pronto.*

*En primer lugar, el BOCAM acaba de aprobar la creación de un nuevo centro en la UPM: la Escuela Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía, que conlleva la dulce desaparición de esta Escuela Universitaria, 50 años después de la publicación de su Decreto fundacional. El proceso se llevará a cabo a corto plazo y debo aprovechar esta ocasión para volver a agradecer públicamente al Equipo Rectoral de la UPM las decisivas gestiones que ha realizado estos meses para llegar a esta esperada situación en la cual el Nuevo Centro podrá impartir enseñanzas de todos los ciclos de estudios universitarios sin las limitaciones actuales.*

*No menos trascendente resultará para los próximos cursos la reciente publicación del Libro Blanco de la nueva titulación de Ingeniero en Geomática y Topografía, el primero de todas las ingenierías, que ha sido redactado por el conjunto de universidades que imparten nuestras materias, para la integración de nuestros estudios en el Espacio Europeo de Educación Superior.*

*Esta titulación de grado está destinada a sustituir a nuestras actuales titulaciones de Ingenieros Técnicos en Topografía e Ingenieros en Geodesia y Cartografía y tendrá su continuidad en los futuros estudios universitarios oficiales de postgrado que cada universidad desarrollará para formación especializada”.*

Por último, los asistentes se trasladaron al vestíbulo de la Escuela, donde se sirvió un cóctel.

## NECROLÓGICA

Ha fallecido el Ingeniero Técnico en Topografía D. Luis Valbuena Vera, miembro fundador del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía y Colegiado de Honor del mismo.

Comenzó su andadura profesional en 1939, ingresando por oposición en el Cuerpo de Topógrafos Ayudantes de Geografía y Catastro del Instituto Geográfico Catastral, hoy Cuerpo Nacional de Ingenieros Técnicos en Topografía, en el año 1943, donde prestó sus servicios en diversos destinos de forma ininterrumpida hasta el año 1985, en que se jubiló.

Era Comendador de la Orden del Mérito Civil, siendo el primer topógrafo al que se concedió dicha condecoración, y desde el año 2002, por acuerdo de la Junta General de Colegiados a propuesta de la Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, Colegiado de Honor de dicha institución, de la que era miembro fundador, con el número 8 de colegiado, habiendo formado parte de la primera Junta de Gobierno del mismo.

Desde estas páginas transmitimos a sus familiares nuestras condolencias.



**D. Luis Valbuena Vera (en el centro) en el acto de entrega de la placa que le acreditaba como Colegiado de Honor (abril de 2002), junto con los entonces Decano del COITT, D. Miguel Ángel Muñoz Gracia, y Delegado Territorial de Madrid-Castilla-La Mancha, D. Francisco Ayora Baena.**



Escola Politècnica Superior  
d'Edificació de Barcelona



Col·legi Oficial  
d'Enginyers Tècnics  
en Topografia  
CATALUNYA



INSTITUT DE  
GEOMÀTICA



Geodesia

Navegación

Fotogrametría

Teledetección

Cartografía

Sistemas de Información  
Geográfica (SIG)

Sesiones en castellano  
e inglés

Lugar de celebración:

Fira de Barcelona

Palacio de Congresos

Av. Reina Maria Cristina, s/n

[www.firabcn.es](http://www.firabcn.es)

**Tema Central: Sensores de alta resolución y sus aplicaciones**

autodesk

ORACLE



Esri  
ESPAÑA

DEIXO EP

S&C  
SISTEMAS DE INGENIERÍA



invest

Abierto el periodo de inscripción online a través de nuestra web:

[www.setmana-geomatica.org](http://www.setmana-geomatica.org)

# Índices

## Volumen XXI-2004

### Número 120 (enero-febrero 2004)

- Carta del Decano. Pág. 3.
- Sistema de Información Geográfica aplicado a la Sección de Tráfico y Circulación del Ayuntamiento de Valencia. *Jesús Palomar Vázquez y J. Gaspar Mora Navarro*. Pág. 4.
- Estimación de la Dinámica de los Glaciares Rocosos mediante Modelización Ambiental y Técnicas Fotogramétricas Automáticas (I). *José Juan de Sanjosé Blasco*. Pág. 10.
- Acerca de los métodos de cálculo de datos en la inspección de la superficie de antenas. *Li Zon-Chun, Li Guang-Yun y Jin Chao*. Pág. 18.
- Métodos para efectuar el ajuste, con posterioridad al vuelo, de los datos obtenidos mediante Escáner de Láser Aerotransportado. *Kris Morin y Naser El Sheimy*. Pág. 26.
- Datos facilitados por el Observatorio Astronómico Nacional. Pág. 33.
- Nivelación por Doble Alineación. *Aldo O. Mangiaterra y Gustavo Noguera*. Pág. 39.
- La Topografía y la Prevención de Riesgos Laborales en la Construcción (I). *Cristina Allende Prieto y Daniel Iglesias Pastrana*. Pág. 42.
- VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004. Pág. 55.
- Novedades Técnicas. Pág. 60.
- Bibliografía. Pág. 62.
- Vida Profesional. Pág. 66.

### Número 121 (marzo-abril 2004)

- Estimación del Error en la determinación de la Superficie de una Parcela. *José Manuel Nogales Galán, María Eugenia Polo García y Tomás Cortés Ruiz*. Pág. 3.
- La Topografía y la Prevención de Riesgos Laborales en la Construcción (y II). *Cristina Allende Prieto y Daniel Iglesias Pastrana*. Pág. 10.
- Estimación de la Dinámica de los Glaciares Rocosos mediante Modelización Ambiental y Técnicas Fo-

- togramétricas Automáticas (II). *José Juan de Sanjosé Blasco*. Pág. 22.
- El papel de las Agencias Cartográficas Nacionales en la construcción de la Infraestructura de Datos Espaciales de Europa. *Nick Land*. Pág. 30.
- Escáneres de Láser Terrestres: Un paso importante hacia la Información en la Construcción. *Thomas A. Wunderlich*. Pág. 35.
- Legislación: Ley del Catastro Inmobiliario (I). Pág. 42.
- VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004. Pág. 51.
- Novedades Técnicas. Pág. 56.
- Bibliografía. Pág. 62.
- Vida Profesional. Pág. 64.

### Número 122 (mayo-junio 2004)

- Acerca de la Calibración de un Escáner de Láser Terrestre. *Jaako Santala y Vahur Joala*. Pág. 3.
- La Red Francesa Permanente de GPS. *Thierry Duquesnoy*. Pág. 8.
- VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004. Pág. 12.
- Estado del mantenimiento mediante GPS de la Red Nacional Francesa de Nivelación. *Michel Kasser y Paul Bonnetain*. Pág. 18.
- Estimación de la Dinámica de los Glaciares Rocosos mediante Modelización Ambiental y Técnicas Fotogramétricas Automáticas (y III). *José Juan de Sanjosé Blasco*. Pág. 26.
- La Normativa y la Calidad dentro del contexto de los SIG. *Mauro Caprioli y Eufemia Tarantino*. Pág. 34.
- Operadores Morfológicos para Detección de Esquinas. *Benjamín Arias Pérez*. Pág. 34.
- Legislación: Ley del Catastro Inmobiliario (II). Pág. 51.
- Novedades Técnicas. Pág. 60.
- Bibliografía. Pág. 66.
- Vida Profesional. Pág. 68.

### Número 123 (julio-agosto 2004)

- Estudio sobre la evolución del sector costero del Prat de Cabanes-Torreblanca mediante técnicas fotogramétricas. *Carmen Zornoza Gallego e Isabel Villacreces Morillas*. Pág. 3.
- Evaluación del potencial de la integración del LIDAR con la Batimetría en el Estuario del Támesis. *Thomas Lowe*. Pág. 15.
- GPS de Precisión por el Método Estático Relativo para Puntos en Aeropuertos. *Julio Roldán Rodríguez y Jorge Moya Zamora*. Pág. 27.
- Catalogación de las Estaciones de Referencia GPS en España. *Enrique Priego de los Santos y F. Javier González Matesanz*. Pág. 33.
- Desarrollo de un Sistema de Referencia Vertical continuo: Retos y oportunidades. *Ahmed El-Rabbany*. Pág. 41.
- ¿Son importantes las normas en el mundo de la Topografía? *Ian Greenway*. Pág. 45.
- Legislación: Ley del Catastro Inmobiliario (y III). Pág. 55.
- Novedades Técnicas. Pág. 66.
- Vida Profesional. Pág. 70.
- VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004. Pág. 75.

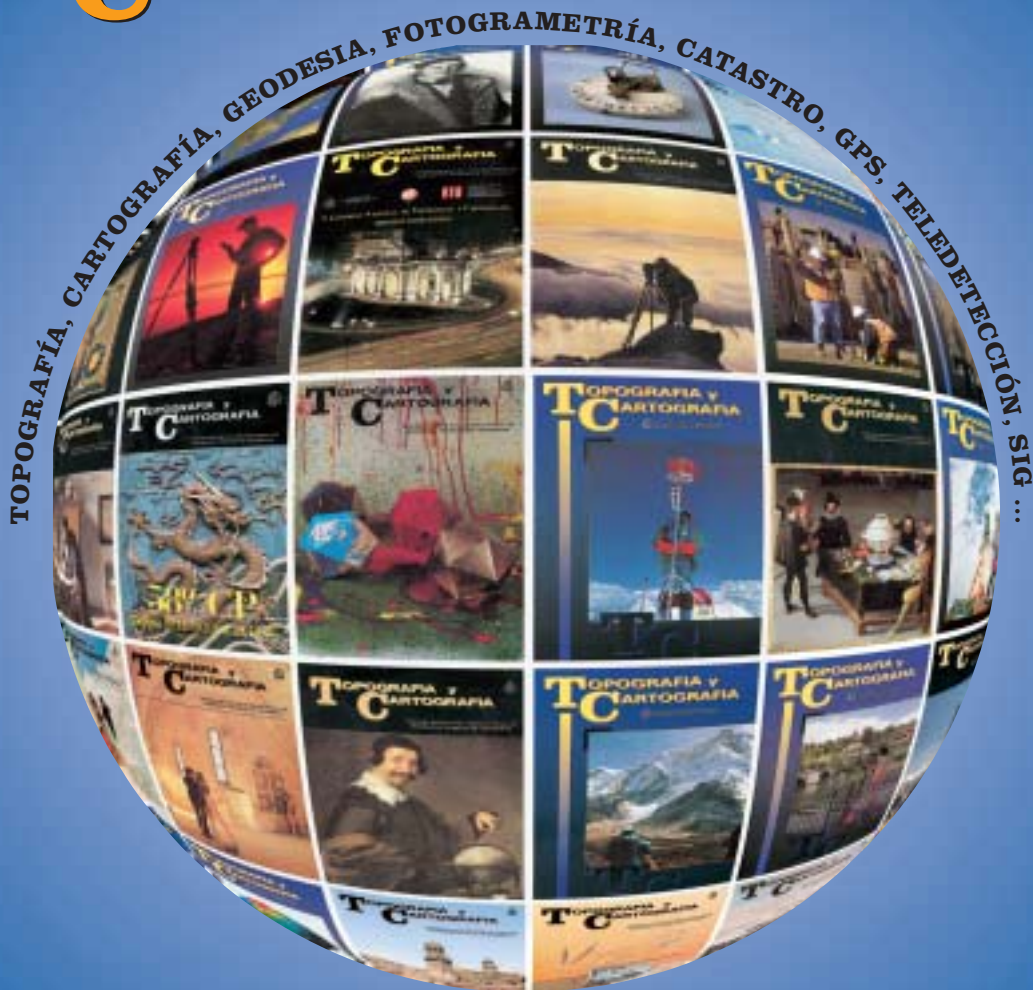
### Número 124 (septiembre-octubre 2004)

- Editorial. Pág. 3.
- Control Automático de Deformaciones. Medición de Convergencias en el túnel de la M-111. *Javier Peñafiel y Ángel Canales*. Pág. 6.
- Cartografía aplicada a la creación de maquetas a escala de gran y pequeño tamaño. De las UTM a las coordenadas de mecanización. *Luis Javier Cruchaga*. Pág. 13.
- Evaluación de una Cámara Digital No Métrica (CANON D30) para el levantamiento fotogramétrico de edificios históricos. Iglesia de Santo Domingo de Silos (siglo XIV), Alcalá la Real, Jaén. *J. Cardenal, E. Mata, P. Castro, J. Delgado, M.A. Hernández, J.L. Pérez, M. Ramos y M. Torres*. Pág. 18.
- VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004. Pág. 29.

- GPS Cinemático de Precisión para la determinación de Puntos en los Aeropuertos. *Jorge Moya Zamora y Julio Roldán Rodríguez*. Pág. 38.
- Análisis y aplicación de la Transformación K-L y sus características de información. *Feng Xiang Jin y Shi Feng Ding*. Pág. 44.
- Técnicas Innovadoras en la Administración Territorial: Reparcelación Estructurada para el Desarrollo Territorial Moderno. *Martijn J. Rijdsijk*. Pág. 48.
- Calibración de Teodolitos mediante Polígonos Ópticos. *Javier Sánchez Ruiz, Javier Bisbal Martín, María Ana Sáenz Nuño*. Pág. 59.
- Introducción al concepto de Redes VRS (Virtual Reference Stations). *Christian Luttenberger y Miguel Amor*. Pág. 64.
- Novedades Técnicas. Pág. 74.

### Número 125 (noviembre-diciembre 2004)

- VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOP-CART 2004. Pág. 3.
- Estudio del Método de Imágenes Resistivas Dipolo-Dipolo en el asentamiento neolítico de Montaberner. *José Jiménez Viciano y Rafael Rozalén Villoria*. Pág. 18.
- Análisis histórico de las posiciones de las Estaciones Permanentes de Villafranca del Castillo y Robledo de Chavela con diferentes programas de cálculo y aplicación a la Estación Permanente GPS de la E.U.I.T. Topográfica de Madrid. *Ángel L. Benítez Sánchez*. Pág. 27.
- El mejor cartógrafo andaluzí y su paradójica descripción de Granada. *Mario Ruiz Morales*. Pág. 39.
- Planificación y ejecución de Redes de Control de Calidad en Procesos Cartográficos: El Proyecto RGPA en el Principado de Asturias. *Óscar Cuadrado, Luis García Asenjo, David Hernández y Alfonso Núñez*. Pág. 42.
- Ingeniería en Geomática y Topografía: Proyectos de Futuro y Convergencia Europea. *Manuel Chueca Pazos*. Pág. 54.
- Novedades Técnicas. Pág. 64.
- Bibliografía. Pág. 70.
- IV Premio San Isidoro. Pág. 72.
- Vida Profesional. Pág. 73.



TOPCART REVISTA DEL COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS EN TOPOGRAFIA

**SI DESEA ESTAR AL DÍA Y TENER INFORMACIÓN MUNDIAL SOBRE TOPOGRAFÍA, CARTOGRAFÍA, CATASTRO, GEODESIA, FOTOGRAMETRÍA, GPS, etc., suscríbase**

El precio de la suscripción para el año 2005 es de:

**Correo ordinario**

España.....	33 € <input type="checkbox"/>	45 € <input type="checkbox"/>
Países C.E.E.....	46 € <input type="checkbox"/>	67 € <input type="checkbox"/>
América.....	46 € <input type="checkbox"/>	74 € <input type="checkbox"/> (con suplemento aéreo)
Otros países.....	48 € <input type="checkbox"/>	75 € <input type="checkbox"/> (con suplemento aéreo)

**Correo certificado**

Estudiantes (remitir justificante de estar matriculado en el curso 2004-2005) 27 €

NOMBRE Y APELLIDOS.....

DIRECCIÓN ....., POBLACIÓN .....

PROVINCIA ....., CÓDIGO POSTAL ....., PAÍS ....., TEL. CONTACTO .....

Adjunto  cheque o justificante de  giro  transferencia para la suscripción del año 2005.

**c/c n.º 1098-8.- CAJA DE AHORROS PROVINCIAL DE GUADALAJARA-Alcalá, 27 - 28014 MADRID**

Remítase este Boletín a **Topografía y Cartografía**. Avenida Reina Victoria, 66, 2.º C - 28003 MADRID - Tel. 91 553 89 65 - Fax 91 533 46 32 - E-mail: topografiaycartografia@top-cart.com

# Índice Comercial de Firmas



**Alquiler y venta de instrumentos topográficos**

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



SERVICIO TÉCNICO OFICIAL

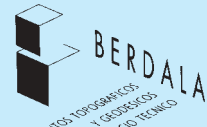
**BATIMETRÍAS**

- 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./Fax: 93 418 66 02  
Móviles: 629 34 16 26 / 630 02 47 01  
E-mail: rb@cb-top.net



**BERDALA**  
INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS  
Y GEODÉSICOS  
SERVICIO TÉCNICO

Balmes, 6 08007 BARCELONA  
Tel. 93 301 80 49 Fax 93 302 57 89  
e-mail: berdala@berdala.com  
www.berdala.com



**Trimble Ibérica, S.L.**

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

**EDEF**

**Estudio de Fotogrametría**

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

**LEICA GEOSYSTEMS, S.L.**

**Geodesia, Topografía,  
Fotogrametría y Sistemas**

Oficina y Asistencia Técnica  
Edificio Trébol  
C/. Doctor Zamenhof, 22  
28027 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



**TOPCON ESPAÑA, S.A.**  
Instrumentos Topográficos

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

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

**ATICSA**

Distribuidor Oficial



INTERGRAPH TCP-IT

**Venta y Alquiler de Material Topográfico**

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



**SANTIAGO & CINTRA**

Distribuidor GPS



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



**grafinta**  
SOCIEDAD ANÓNIMA

Distribuidor en España

**PENTAX•ASSTECH•THALES•ROLLEI**  
Topografía, GPS, Fotogrametría, Hidrografía

Avda. Filipinas, 46 - 28003 MADRID  
Tel. 91 553 72 07 - Fax 91 533 62 82  
E-mail: grafinta@grafinta.com  
<http://www.grafinta.com>

**ACRE**

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

Autovía Madrid-Toledo  
925-490839 617 326454



[www.acre-sl.com](http://www.acre-sl.com)

Geosystems



**DATUM**

TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA, S.L.

ALQUILER Y VENTA DE GPS  
ESTACIONES TOTALES Y ACCESORIOS



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

**Alvaro Molina Topografía-G.P.S.**

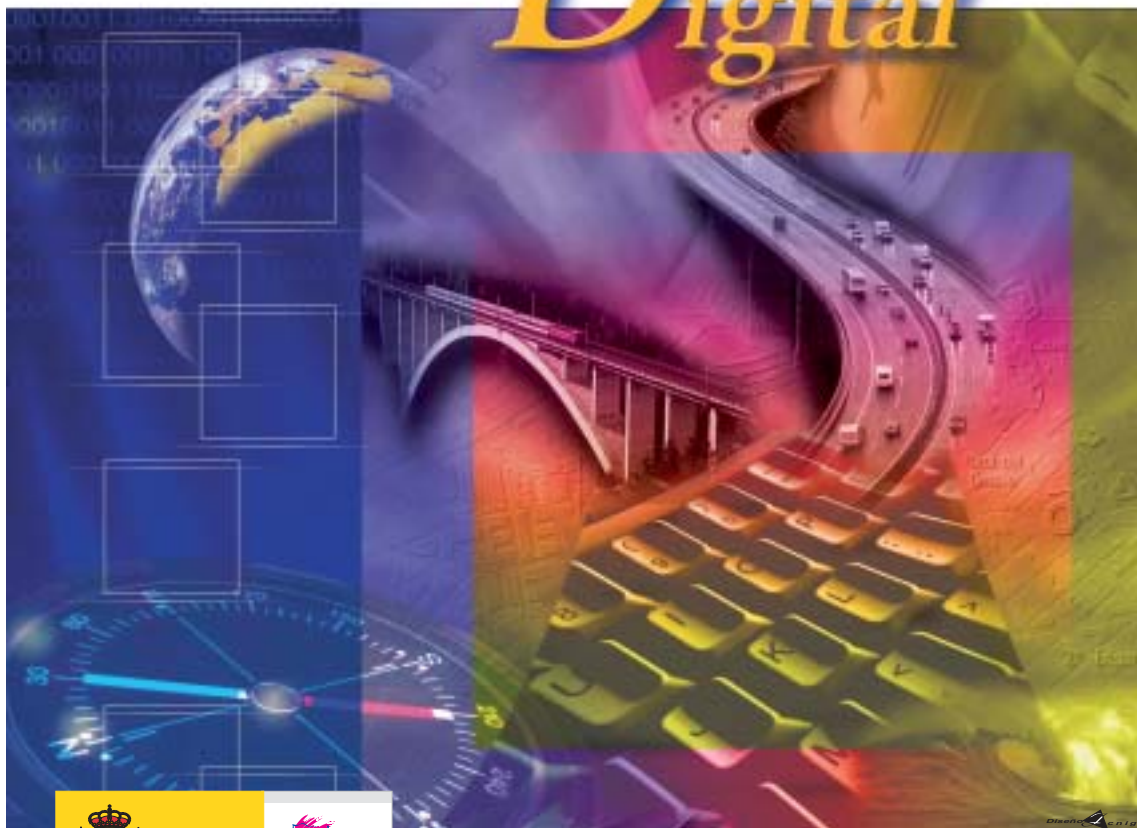
**Alquiler y Servicios Topográficos**

**Sistemas G.P.S.**

Centimétrico, Decimétrico, Submétrico, Métrico

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

# Cartografía Digital



BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN I 000, 500, 200, 25),  
MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50, 25),  
MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT I 000, 200, 25),  
LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,  
MAPA INTERACTIVO DE ESPAÑA, MAPA POLÍTICO DE EUROPA,  
MAPA POLÍTICO DEL MUNDO, CALLEJEROS Y OTROS PRODUCTOS.

Oficina central: Monte Esquinza, 41 - 28010 MADRID  
Comercialización: General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID  
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13  
e-mail: [consulta@cnig.es](mailto:consulta@cnig.es) • <http://www.cnig.es>