

# W A P P I N G

Revista Internacional de Ciencias de la Tierra

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MEDIO AMBIENTE

TELEDETECCIÓN

CARTOGRAFÍA

CATASTRO

TURISMO





CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

# Cartografía Digital



MINISTERIO  
DE FOMENTO



CENTRO NACIONAL DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN1000, 500, 200, 25),  
MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50, 25),  
MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT1000, 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) • [webmaster@cnig.es](mailto:webmaster@cnig.es)  
<http://www.cnig.es>





Explore a través de las capas.  
Y capas. Y capas. Y más capas.  
Las soluciones de Autodesk para Cartografía y GIS.

### Idea:

Conecta CAD y GIS desde diferentes fuentes de datos para poder tomar decisiones, mejorar el servicio al cliente y ser más eficiente.



### Realizada:

Las soluciones de Cartografía y GIS de Autodesk ofrecen herramientas precisas e informativas para aprovechar al máximo sus datos geospaciales. La capacidad para crear, gestionar, y compartir información con otros, facilita las tomas de decisiones y mejora la eficiencia operacional. Los productos y las soluciones de Autodesk permiten conseguir lo mejor de sus datos desde la reducción de errores en cartografía hasta la reducción de costes. Para más información, visite nuestra página web: [www.autodesk.es/map](http://www.autodesk.es/map).

Próximamente tendremos unos seminarios gratuitos sobre Map 3D, para más información, llame al 902 12 10 38 o visite nuestra página web: [www.autodesk.es/eventos](http://www.autodesk.es/eventos).



# MAPPING

## SUMARIO

6 LOS PRIMEROS TRABAJOS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO  
18 <<CARACTERIZACIÓN DEL SENSOR HIPERESPECTRAL AHS  
PARA LA GEORREFERENCIACIÓN DIRECTA DE IMÁGENES A  
PARTIR DE UN SISTEMA INERCIAL GPS/IMU>>

26 UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS LÁSER ESCÁNER Y DE  
FOTOGRAMETRÍA TERRESTRE PARA EL ESTUDIO DE DES-  
PRENDIMIENTOS DE ROCAS. EL CASO DE LA ZONA DE MÁS  
RIESGO DEL TREN CREMALLERA DE NÚRIA.

34 EL SUEÑO DE UNA TIERRA DIGITAL TENDENCIAS EURO-  
PEAS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

42 EL POSICIONAMIENTO POR SATELITE DE TRANSIT A  
GALILEO

52 PLATAFORMA 3D PARA INTEGRACIÓN DE PROCESOS DE  
PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA Y DE LA INFORMACIÓN EN  
UN SISTEMA CORPORATIVO

60 CARTAS DE CARLOS IBÁÑEZ DE IBERO AL FRANCÉS AIMÉ  
LAUSSEDAT

72 CONDICIONES PALEOCLIMATICAS DE FORMACIÓN DE LOS  
SUELOS DURANTE EL PLEISTOCENO SUPERIOR EN CUBA OC-  
CIDENTAL Y SU CONTRASTE CON OTRAS AREAS DEL PAIS Y  
EL CARIBE. IMPLICACIONES AMBIENTALES.

92 << EXPERIENCIAS EN EL PROCESO DE SISTEMATIZACION  
DEL USO DE LAS VARIABLES VISUALES DE LOS SÍMBOLOS  
CARTOGRÁFICOS EN LOS MAPAS TEMÁTICOS DIGITALES,  
PARA GARANTIZAR EL ORDEN VISUAL EN CORRESPONDEN-  
CIA CON LA ASIGNACIÓN.>>

**Foto Portada:** Printed on HP Designjet series printers using HP printing material and HP ink systems

**Director de Publicaciones:** D. José Ignacio Nadal. **Redacción, Administración y Publicación:** C/Hileras, 4 Madrid 28013-Tel.915471116-915477469 <http://www.mappinginteractivo.com>. E-mail: [mapping@revistamapping.com](mailto:mapping@revistamapping.com)

**Diseño Portada:** R & A MARKETING **Fotomecánica:** P.C. FOTOCOMPOSICIÓN **Impresión:** COMGRAFIC

**ISSN:** 1.131-9.100 **Dep. Legal:** B-4.987-92.

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



¡ Su gabinete topográfico en el campo !

**Transferencia de datos via Internet y un Sistema que utiliza el software Topcon para combinar las tecnologías GPS y Estación Total**



Las últimas estaciones totales Topcon ofrecen la mejor tecnología informática adaptada a la topografía en el campo. Las series GTS-720 y GPT-7000 tienen el sistema operativo WinCE.NET que proporciona las ventajas del familiar interface de usuario para PC de Windows y el flexible manejo de datos. El topógrafo tiene así una oficina móvil, en el lugar de trabajo, usando la estación total para tomar datos, procesarlos, manipularlos y enviarlos desde el lugar de trabajo a otros lugares o gabinetes.

- Pantalla táctil gráfica en color, visible incluso en condiciones de alto brillo (luz solar)
- Memoria interna de datos de hasta 64 MB
- Lector de tarjetas Compact Flash
- Puerto interface USB
- Capaz de usar Bluetooth para transmitir datos via GSM/Internet
- Serie GPT-7000 con avanzada tecnología de medición sin prisma

**Un software - Un único sistema topográfico**

La estación total esta preparada con un software propio de Topcon llamado TopSURV precargado.

El software TopSURV también se utiliza en Jibretas con WinCE para las estaciones robotizadas de Topcon de una sola persona y para los receptores GPS.

Topcon ofrece una completa y verdadera integración de las tecnologías a través del software TopSURV y de los últimos desarrollos en hardware.



**Central:**  
Frederic Mompou 5 - ED. EURO 3  
08960 SANT JUST DESVERN (BARCELONA)  
Tel.: 93 473 40 57 Fax: 93 473 39 32

**Zona Centro:**  
Av. Burgos, 16 E, 1ª - 28036 MADRID  
Tel.: 91 302 41 29 - Fax: 91 383 38 90

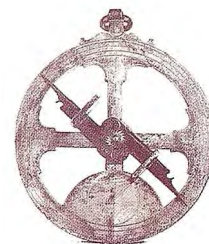
**Zona Norte:**  
Urrizaille, 1 Bajo - Ed. AURRERA  
20600 EIBAR (GUIPUZCOA)  
Tel./Fax: 943 120 300

**Zona Levante:**  
Avda. Guardia Civil, nº 30 (esquina Avda. Cataluña)  
46020 - VALENCIA  
Tel./Fax: 96 362 13 25

**Zona Andalucía:**  
Avda. Luís de Morales, 32 - Ed. FORUM, Plta. 1, Módulo 1  
41018 - SEVILLA  
Tel.: 95 454 14 76 - Fax: 95 498 71 27



# LOS PRIMEROS TRABAJOS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO



Mario Ruiz Morales - Instituto Geográfico Nacional - Universidad de Granada

## INTRODUCCION

El Instituto Geográfico es un organismo estatal que cuenta con más de cien años de existencia y que viene desarrollando ininterrumpidamente su actividad desde que fuera creado en el mes de septiembre del año 1870, culminándose así las expectativas despertadas por la Comisión del Mapa. El impulsor de tan singular acontecimiento geográfico fue José Echegaray y Eizaguirre, un Ministro de Fomento insigne que más de treinta años después obtendría el Premio Nóbel de literatura. Su primer Director, nombrado por aquel, fue Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, ingeniero militar y geodesta de reconocido prestigio por su dilatada y variada experiencia profesional en el campo de la geografía matemática.

Ciertamente su currículum, antes de que fuese completado con sus brillantes aportaciones al frente del Instituto Geográfico primero y de la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico después, presenta méritos indudables que no viene mal recordar para comprender mejor el que se le asignara tan importante y novedosa responsabilidad. A su rigurosa y conocida participación en las operaciones geodésicas relacionadas con la Base de Madridejos hay que añadir otras no menos notables y con un mayor contenido de gestión. El 2 de julio del año 1861 es nombrado Secretario de la Sección Geográfica, integrada en la Comisión de Estadística. El mismo hablaba, a finales de ese año, de sus nuevos cometidos a su amigo francés A. Laussedat, al comentarle que por su nombramiento se debería responsabilizar de todos los trabajos científicos de la Comisión, es decir: la Geodesia, la Astronomía, el Catastro, la Geología, los Bosques, la Meteorología, etc.

Tres años después acepta el puesto de Director del Distrito Geodésico y Catastral de Levante, para dirigir los trabajos geodésicos y topográficos en las Islas Baleares y en las provincias de Alicante, Valencia y Castellón; Ibáñez aseguraba en el mes de noviembre del año 1864 que a finales de invierno pensaba incorporarse a su nuevo destino. Tales distritos desaparecieron en el año 1866 al encargársele los trabajos del Mapa al Depósito de la Guerra. El cuatro de enero del año 1870 es nombrado Subdirector de la Dirección General de Estadística, con un cometido esencialmente científico. Carlos Ibáñez afirmaba seis meses más tarde que el Director era un hombre político, Diputado «constituyente» que no se ocupa de los trabajos científicos; y que por tanto era él el que estaba al frente de los trabajos geodésicos, catastrales y estadísticos. Su situación administrativa era la antesala más inmediata de su inminente dirección del Instituto Geográfico. En esas mismas fechas aseguraba que probablemente tendría que suspender un viaje a París «sobre todo en este periodo de organización y reformas que me propongo introducir en nuestros Servicios»; una afirmación que permite sospechar que su nombramiento como Director del Instituto

Geográfico era ya cosa hecha.

Las Memorias de esa institución no se inician hasta el año 1875, cuando ya se había transformado en Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico. Su primer tomo está brillantemente prologado por Carlos Ibáñez, quien empezaba diciendo «Ha llegado la época, con tanto anhelo esperada por el INSTITUTO GEOGRAFICO Y ESTADISTICO español, de someter sus trabajos al examen del mundo científico en este primer tomo de sus memorias». Sin embargo no fue ese el primer documento impreso que dio cuenta de los trabajos del Instituto, pues el propio Ibáñez se había encargado de hacerlo cuando aún no se había cumplido el año de su creación. En efecto, en el año 1871 se publicó una de sus obras más sobresalientes «Descripción Geodésica de las Islas Baleares», la cual contiene un apéndice (el número 4), aparentemente secundario, con un título harto elocuente ESTADO DE LOS TRABAJOS DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO EN 31 DE MARZO DE 1871. Es muy probable que esa circunstancia explique el que un documento tan interesante haya pasado desapercibido durante tantos años. Como se puede comprobar en su transcripción, el anexo está estructurado en torno a cuatro grandes bloques que desarrolla bajo los epígrafes siguientes: Trabajos Geodésicos, Trabajos Topográficos, Publicación del Mapa y Trabajos Metrológicos; aunque incluía también otro, mucho más breve, dedicado a la contabilidad.

En el primero de ellos da por sentada Ibáñez la suspensión de un proyecto de la Comisión, por el que se pretendía hacer una nivelación geodésica que permitiera enlazar el Océano con el mediterráneo, cruzando para ello la Península. Carlos Ibáñez era un profundo conocedor de esa materia, desde que en el año 1864 publicó su folleto sobre Nivelaciones Geodésicas, y por tanto plenamente consciente de que ese no era el mejor método para determinar rigurosamente las altitudes. De hecho siendo todavía Subdirector de Estadística se había pronunciado al respecto, manifestando su deseo de empezar los trabajos de Nivelación de Alta Precisión a la manera suiza, influenciado sin duda por sus conversaciones con Hirsch y Wild.

También se contempla en este epígrafe por primera vez la sistematización de las triangulaciones, clasificadas en geodésicas y topográficas. Las primeras pretendían, como es notorio, aportar mayor información al conocimiento de la forma y dimensiones de la Tierra, mientras que las otras tenían como objetivo básico proporcionar el armazón indispensable en el que se deberían apoyar los levantamientos topográficos, cuyo fin último no era otro que la representación cartográfica del territorio.

Asimismo es destacable la decisiva incorporación del Observatorio del Retiro a las tareas geodésicas del Instituto recién creado. Su participación la concretó perfectamente el Gobierno cuando dispuso «Que el Observatorio astro-



nómico de Madrid, de acuerdo con el Instituto Geográfico y con cargo al presupuesto de este establecimiento científico, comenzase la determinación de latitudes, longitudes y acimutes en vértices de las cadenas fundamentales convenientemente elegidos». Una de sus operaciones más señaladas fue la del acimut del lado Observatorio Hierro, que unía el Datum de la red geodésica española con otro vértice geodésico, situado en la Sierra de Guadarrama.

Otra de las noticias geodésicas de interés que se aporta es la decisión de controlar la escala de la red triangular por medio de las correspondientes bases periféricas, unas bases que luego serían medidas empleando la propia regla concebida por Ibáñez, y el establecimiento de un observatorio geodésico en la azotea de una torre del Parque del Retiro, que había sido cedida al efecto por el Ayuntamiento de Madrid; en el se controló la calidad de los diferentes instrumentos empleados en las triangulaciones geodésicas de primer orden.

Como era de esperar el pensamiento topográfico de Carlos Ibáñez no podía ser independiente del geodésico y así se confirma cuando se establece que «todos los trabajos topográficos que se emprendan por este Instituto habrán de enlazarse con la triangulación geodésica de tercer orden». No obstante, añade poco después que la carencia de la mayor parte de la red se supliría con la determinación de «suficiente número de puntos de referencia, trigonómicamente situados» para efectuar posteriormente el preceptivo enlace con la red geodésica. Acto seguido se detallan las características de las triangulaciones y de otros trabajos topográficos, que divide en planimétricos y altimétricos, eligiendo como unidad de actuación el Término Municipal. Al final de este apartado se menciona a Córdoba como la primera provincia en que se iniciaron este tipo de levantamientos y se detallan las actuaciones llevadas a cabo en varios de sus Ayuntamientos, concretándose además las hectáreas afectadas.

Quizás lo más sobresaliente del epígrafe dedicado a la Publicación del Mapa sea el resumen que se hace de sus principales características: «1ª, que la publicación se haga en escala de 1/50000; 2ª, que el mapa se divida en hojas de 20 minutos de base en sentido de los paralelos, por diez minutos de altura en sentido de los meridianos; 3ª, que se considere como plana la parte de superficie terrestre representada en cada una de las hojas, sin sujetar el mapa a ningún sistema de proyección general. Sin embargo, cita Ibáñez, inmediatamente después, que el Ingeniero Jefe del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos estaba estudiando el sistema cartográfico más adecuado, como encargado de la publicación del mapa en el Instituto Geográfico. Esa responsabilidad cartográfica, ya histórica, de estos Ingenieros no es muy conocida, incluso para la mayor parte de ellos. De ahí que no venga mal recordar que fueron dos de ellos: Miguel Muruve Galán y Alberto Bosch Fustegueras, los que calcularon entre 1871 y 1875, ya como funcionarios del Instituto Geográfico, el valor de los arcos de meridiano y de paralelo que limitaban las diferentes hojas del mismo, sobre el elipsoide de Struve. Asimismo deben resaltarse las pormenorizadas observaciones realizadas en Alicante por, el también Ingeniero de Caminos, José María Jáudenes, entre 1870 y 1872, las cuales permitieron establecer el origen de altitudes ortométricas, que en la España

peninsular, como es notorio, coincide con el nivel medio del mar en aquel puerto.

Las inquietudes metrológicas de Ibáñez quedan muy bien plasmadas en este interesante documento, aportando la novedad que supuso la construcción de la primera sala de control metrológico construida en España; destinada entre otras cosas a la contrastación de las miras empleadas en las Nivelaciones de Alta Precisión, control que debía de efectuarse al comienzo de cada campaña de campo e inmediatamente después de terminarla. La sala se construyó en uno de los sótanos del edificio ocupado por el Instituto Geográfico en la calle Jorge Juan nº 8, su primera sede. El lector interesado puede comprobar como en el documento que se transcribe figuran todos los pormenores de su construcción, acompañados de los correspondientes dibujos. Ibáñez hace a continuación un interesante relato como Delegado de la Comisión Internacional del Metro, en el que da cuenta de los preparativos que desembocaron en la constitución de la misma, el día 8 de agosto de 1870, esto es pocos días antes de que se crease el Instituto Geográfico. Al final de este apartado, Carlos Ibáñez de Ibero hace votos para que se reanuden pronto las investigaciones de la Comisión, que se habían visto interrumpidas a consecuencia de la guerra franco-prusiana.

Obligatoriamente tengo que finalizar esta breve introducción haciendo la siguiente advertencia: las ilustraciones que aparecen en el próximo texto no figuran así en el original escrito por Ibáñez. Allí estaban al final del mismo convenientemente plegadas y de allí se han escaneado las reproducciones que ahora se presentan.

## **ESTADO DE LOS TRABAJOS DEL INSTITUTO GEOGRAFICO EN 31 DE MARZO DE 1871.**

### **TRABAJOS GEODÉSICOS.**

Después de las varias reseñas que de los trabajos geodésicos de primer orden, ejecutados en España, han visto la luz pública, nada más conveniente para evitar repeticiones y que se forme cabal idea de su actual estado, que la relación de lo que queda por hacer para realizar el plan trazado por el gobierno al Instituto Geográfico, completando el que planteó la antigua Comisión del Mapa al inaugurar sus tareas; mas como la publicación de la última de las mencionadas reseñas coincidió con la vuelta de este servicio al ramo de Estadística, por decreto de S.A. el Regente del Reino, de 4 de enero de 1870, parece natural, a fin de que no haya solución de continuidad, referirse a lo que en aquella fecha restaba que hacer para terminar la parte proyectada, añadiendo lo efectuado hasta el día, así como los nuevos trabajos, tanto de observación como de cálculo, que se han comenzado.

Para terminar las observaciones angulares relativas a las cadenas fundamentales proyectadas (Lám. VIII), quedaba por estacionar en 102 vértices, en 56 de los cuales debían hacerse además observaciones correspondientes a los grandes cuadriláteros formados por las mismas cadenas, ascendiendo a 143 el número de las estaciones que faltaban en el interior de estos cuadriláteros de primer orden. Además era preciso verificar varios reconocimientos para sustituir con ventaja algunos vértices elegidos, pero no observados, y para completar el proyecto general de



triangulación, así como preparar convenientemente con señales o pilares de mampostería, 97 vértices.

Solamente una base se había medido para la red de la Península, y era, por lo tanto, preciso proyectar el sistema de bases y medir las que faltasen, enlazándolas con la triangulación.

En punto a cálculos, se hallaba resuelto, para todos los vértices en que se había observado, el primer sistema de ecuaciones a que dan lugar los datos recogidos en cada estación, considerada aisladamente<sup>1</sup>; pero no estando decidido el método que se habría de adoptar para la compensación de los errores, si ésta se dividiría en trozos o zonas independientes, y cual había de ser la división, a esta primera parte se limitaban los cálculos emprendidos. No se habían determinado las coordenadas geográficas de ningún vértice de las cadenas, si se exceptúan Madrid y San Fernando, cuyas latitudes y diferencia de longitudes son conocidas por ser observatorios astronómicos; de ningún lado se tenía con la precisión necesaria el azimut, pues carecía del carácter de definitivo el valor aproximado del que, para el lado Madrid-Hierro, había facilitado el Observatorio de Madrid, deduciéndolo de un cortísimo número de observaciones, a fin de satisfacer las necesidades más apremiantes.

Por último, se había pensado en hacer una nivelación geodésica especial que cruzase la Península desde el Océano al Mediterráneo; pero no se habían emprendido los trabajos.

De las vastas triangulaciones de segundo orden y de tercero que han de cubrir el territorio español, no se hallaban terminadas más que las correspondientes a las islas Baleares, y comenzadas las de las provincias de Madrid, Toledo y Guipúzcoa.

Antes de proponer el complemento del plan general de las operaciones geodésicas, creyó conveniente la Subdirección de Estadística, hoy Dirección del Instituto Geográfico, deslindar los dos grupos esencialmente distintos que abraza la triangulación de España. Comprende el primero todos aquellos trabajos que, sirviendo de base a los otros y circunscribiendo sus errores, tienen además por objeto el adelantamiento de la ciencia, allegando nuevos datos para el más perfecto conocimiento de la forma y dimensiones de nuestro planeta; operaciones que exigen en la observación los medios materiales y métodos más perfeccionados, y todos los recursos de las matemáticas en el cálculo de los resultados. El segundo grupo abraza las triangulaciones de diferentes órdenes, destinadas a la representación gráfica del territorio, debiendo servir de sólido fundamento a la formación de los planos topográficos que, con distintos fines, necesite la Administración pública; en ellas deben admitirse instrumentos más portátiles y de menor apreciación, disminuir el número de observaciones, y emplear métodos de cálculo expeditos, sacrificando una exactitud que no es absolutamente necesaria.

Al primer grupo pertenece el sistema de las diez cadenas fundamentales, la base medida y las que más adelante se midan para que le sirvan simultáneamente de apoyo, la determinación de latitudes, longitudes y azimutes en vértices convenientemente elegidos, los estudios relativos a la intensidad de la gravedad y las nivelaciones especiales de precisión.

<sup>1</sup> Véase la obra Base central de la triangulación geodésica de España. Madrid, 1865, pág. 164, ecuaciones (20).

Corresponden al segundo grupo las triangulaciones de primer orden que cubren el interior de los grandes cuadriláteros formados por las cadenas fundamentales, y las redes geodésicas de segundo orden y de tercero, que se han de apoyar en la de primero, y extenderse sobre toda la superficie del territorio nacional.

Fundándose en lo que precede, se propuso, y fue aprobado por el Gobierno:

1º Que la observación en las cadenas fundamentales se continuase preferentemente, siguiendo en toda su pureza el método que conduce a la compensación de los errores, por las fórmulas de Bessel y Baeyer, con arreglo a instrucciones especiales.

2º Que además de la base central, ya medida, se eligiesen y midiesen otras tres, una de las cuales podría situarse, como ya se tenía proyectado, en la parte más meridional de la Península, y las otras dos lo más al Norte que fuese posible y hacia las costas Este y Oeste.

3º Que el Observatorio astronómico de Madrid, de acuerdo con el Instituto Geográfico y con cargo al presupuesto de este establecimiento científico, comenzase la determinación de latitudes y azimutes en vértices de las cadenas fundamentales, convenientemente elegidos.

4º Que en las nivelaciones especiales de precisión se adoptase el sistema acordado en las conferencias de la Asociación geodésica internacional para la medición de grados en Europa, dando inmediatamente principio a este nuevo trabajo.

5º Que, considerando las cadenas fundamentales como un sistema único, se comenzase la compensación general de los errores, resolviendo el segundo grupo de ecuaciones a que dan lugar las observaciones de cada estación considerada aisladamente<sup>2</sup>

6º Que las triangulaciones de primer orden en el interior de los cuadriláteros, y las de segundo y tercero, se comiencen en cada comarca a medida que se necesiten para apoyar otras redes trigonométricas.

Para la más acertada ejecución de este plan, y la conveniente uniformidad en todos los trabajos, se adoptaron las disposiciones siguientes:

Cuatro comisiones compuestas de jefes y oficiales de los cuerpos de Artillería, Ingenieros y Estado Mayor de los que están destinados a la Sección de trabajos geodésicos del Instituto Geográfico, recibieron el encargo de redactar otros tantos proyectos de instrucciones; la primera para la observación de ángulos en las triangulaciones geodésicas de primer orden, la segunda para la ejecución de los primeros cálculos que deben hacerse en las mismas triangulaciones, con todos los modelos necesarios, la tercera para los auxiliares encargados de la construcción de las señales de primer orden, y la última para el servicio de las secciones de heliotropos. Presentados estos proyectos de instrucciones, fueron aprobados y se imprimieron inmediatamente.

<sup>2</sup> Base central, etc. , pág. 187, ecuaciones (48).

Otra comisión análogamente formada propuso los formularios de cálculo para resolver las ecuaciones y sustituir los valores de las incógnitas, después de conocidos, en



los trabajos que se habían de comenzar para la compensación general; y habiendo sido aprobados, se imprimieron también.



Fragmento de la Lámina VIII, con la triangulación geodésica de primer orden  
(Año 1870)

Siendo insuficiente para plantear las numerosas ecuaciones de condición, y hacer los demás estudios preparatorios, la representación de la red de primer orden en primera escala, que hace algunos años se grabó, porque no contiene todas las líneas observadas, otra comisión trazó la lámina VIII, en que, con suma claridad, se ve el estado de la observación, por haber indicado todas las direcciones observadas desde cada una de las estaciones, y no contener otras líneas que puedan confundir, quedando sin unir entre sí los vértices elegidos, pero en que no se ha hecho estación. Las direcciones correspondientes a las cadenas, que son las que constituyen el trabajo de alta geodesia, se representaron con líneas llenas.

De acuerdo los directores del Observatorio y del Instituto, decidieron que por el primero de los mencionados establecimientos se procediese desde luego a la determinación del azimut del lado Observatorio-Hierro.

A una comisión de jefes y oficiales facultativos de la misma Sección se confió el estudio de los trabajos publicados sobre las nivelaciones de precisión ejecutadas en otros países, y se le encargó que presentase un proyecto de las bases generales a que debía sujetarse una doble nivelación entre el puerto de Alicante y el Observatorio astronómico de Madrid. La comisión cumplió su cometido, y después de aprobar las bases propuestas, se dispuso la construcción de los instrumentos necesarios.

Se carecía de un local en que se 'pudiesen estudiar los instrumentos, sometiéndolos a experiencias concluyentes de medición antes de emprender los trabajos; y se estableció un observatorio geodésico permanente en la azotea de una torre del parque de Madrid, que el Ayuntamiento cedió con tal objeto. Desde los dos pilares de granito, en que es posible estudiar a la vez dos instrumentos, se divisan cinco vértices de las cadenas fundamentales, pudiendo, por lo tanto, llevar a cabo las mismas observaciones que

en una estación geodésica, y hacer estudios comparativos de los diferentes instrumentos empleados en la triangulación de primer orden.

Finalmente, se organizó en dos categorías el personal de auxiliares de geodesia, creando además una clase teórica elemental a cargo de uno de los jefes militares, en la cual, durante los meses en que se hallan suspendidos los trabajos de campo, y en horas extraordinarias, reciben la instrucción necesaria para el buen desempeño del servicio que les está confiado. También se adquirió una máquina para ejecutar con más rapidez y seguridad algunos de los cálculos numéricos.

El resultado de los trabajos de campo desde Junio de 1870 ha sido, en lo concerniente a las cadenas fundamentales, la observación de las direcciones azimutales y distancias cenitales en 21 estaciones, nueve de las cuales pertenecen a la vez a cuadriláteros cuyas observaciones se han hecho también; preparación, con señales o pilares, de 24 vértices; obras para reparar las construcciones hechas ya en 26 vértices, y elección de otros 19, correspondientes al 1er orden.

El personal del Observatorio astronómico de Madrid ha hecho las observaciones necesarias para determinar el azimut del lado de 1er orden Observatorio-Hierro.

En la provincia de Toledo se ha continuado el reconocimiento para proyectar las redes secundarias, confiadas a los jefes oficiales del Cuerpo de Topógrafos; habiéndose elegido 84 vértices de segundo orden, 139 de tercero y preparado la manera de situar además 51 poblaciones que no son vértices de ninguna de las redes geodésicas.

Entre los trabajos de gabinete a que se ha dedicado la Sección geodésica, merece especial mención el relativo a la resolución del segundo grupo de ecuaciones para 94 vértices de las cadenas fundamentales, además de haber resuelto el primer grupo de cada una de las 21 estaciones hechas en el curso de la última campaña.

Para la que debe dar principio en el próximo mes de Abril, están ya dispuestas nueve brigadas, destinadas a continuar las cadenas y a comenzar las nivelaciones de precisión.

### TRABAJOS TOPOGRÁFICOS.

En cumplimiento de lo mandado por S.A. el Regente del Reino, en decreto de 12 de Setiembre último, el director del Instituto Geográfico formó el plan general para la triangulación topográfica y levantamiento de planos que requiere la publicación del mapa, cuyo proyecto fue aprobado por orden de S.A., fecha 30 del mismo mes, en que se dispuso además que comenzasen inmediatamente las operaciones con la extensión que permitiesen los créditos concedidos por las Cortes.

Este plan general de trabajos, para cuya redacción fue preciso tener en cuenta el objeto principal que habían de llenar, los servicios que sucesivamente podían prestar a diferentes ramos de la Administración pública, el estado de adelantamiento de las triangulaciones geodésicas, el personal y material pertenecientes al Instituto, y el crédito de que se podía disponer, contiene, entre otras, las disposiciones siguientes:

« Todos los trabajos topográficos que se emprendan por este Instituto habrán de enlazarse precisamente con la triangulación geodésica de tercer orden; pero, como ésta



no se ha ejecutado más que en las Islas Baleares y provincias de Madrid y Guipúzcoa, es preciso plantear las operaciones de tal suerte, que, sin aguardar a que la triangulación geodésica abrace una parte determinada del territorio, pueda disponerse en él del suficiente número de puntos de referencia, trigonómicamente situados, para llevar a cabo más tarde, y cuando las redes geodésicas hayan adquirido mayor extensión, el correspondiente enlace entre los triángulos geodésicos, base y fundamento de la representación topográfica, y los trabajos de detalle emprendidos para llevar a cabo esta representación «.

« Para conseguirlo, bastará que los planos topográficos se apoyen en triangulaciones especiales, que a su vez puedan en su día ligarse a la geodésica de tercer orden. Y no es preciso que estas redes topográficas presenten esa regularidad que generalmente se procura dar a las geodésicas de los diferentes órdenes, sino que, por el contrario, a consecuencia de su constitución especial, ofrecerán un conjunto de triángulos de formas y dimensiones diversas, unas veces adosados en forma de red continua, otros superpuestos, y casi siempre sin relación inmediata con los que constituyen las triangulaciones vecinas. Lo importante es que los ángulos se hallen entre límites convenientes y que desde sus vértices sea fácil divisar los puntos geodésicos, si los hubiese, o aquellos parajes en que se presume que deberán más tarde situarse algunos vértices de la triangulación general «.

« Cada una de estas triangulaciones parciales debe partir de una pequeña base, cuidadosamente medida por los procedimientos de la topografía «.

« Cuando haya tenido lugar el enlace de las triangulaciones parciales con la general de tercer orden geodésico, quedarán ya orientadas aquellas y se podrán calcular las posiciones de sus vértices; mas, con el objeto de tener inmediatamente una orientación aproximada, se harán las observaciones necesarias en un extremo de cada una de las bases para orientar éstas con el auxilio de la Polar, valiéndose de un teodolito que aprecie diez segundos «.

« Al mismo tiempo que se hagan en cada vértice de la triangulación parcial las observaciones azimutales y cenitales a los otros vértices de la misma, se dirigirán visuales a todos los puntos notables del terreno, tales como torres, ermitas, caseríos, molinos y cotos de término, a fin de enlazar esta triangulación con el trabajo de detalle «.

« Cada una de las triangulaciones parciales ha de abrazar la superficie de uno o más términos municipales, y la magnitud de sus lados, que por término medio ha de ser de dos kilómetros, no podrá exceder de cinco. Se ejecutarán estas triangulaciones con teodolitos reiterados, que aprecien diez segundos «.

« Los trabajos topográficos se dividirán en dos períodos, de los cuales el primero comprenderá la planimetría y el segundo la nivelación «.

« La planimetría abrazará el plano del perímetro de cada uno de los términos municipales en el día en que se ejecute la operación, suponiendo hecho el amojonamiento; los perímetros de los términos jurisdiccionales pertenecientes al mismo Ayuntamiento, los accidentes topográficos, como ríos, arroyos, canales, caminos, cañadas y grupos de población; por último, las lindes de las diferentes especies de cultivo, cuya extensión superficial exceda de diez hectá-

reas. Todas estas líneas se ligarán a los puntos geodésicos o de la triangulación topográfica por medio de visuales dirigidas desde las estaciones topográficas de detalle «.

« En general se empleará para medir las bases topográficas y las diferentes distancias la cinta de acero, y para los ángulos, en los detalles, la brújula; pero sin excluir otros instrumentos, de que se hará uso según las circunstancias «.

« Las hojas de campo se dibujarán en escala de 1/25000, para hacer después las reducciones que convenga «.

« El segundo período de los trabajos topográficos tendrá por puntos de partida las líneas especiales de nivelaciones de precisión y las altitudes de los vértices geodésicos; como su objeto es tan sólo la representación del relieve en reducida escala, se limitarán las operaciones a lo estrictamente necesario para este fin especial. También comprenderá el segundo período el levantamiento de los planos topográficos de las poblaciones que no les tengan, pero sin más detalles que los necesarios para la publicación del mapa «.

Los principios generales que anteceden, referentes al primer período, recibieron su completo desarrollo en unas instrucciones redactadas por una comisión, presidida, con arreglo a Reglamento, por el director del Instituto Geográfico, y formada de cuatro jefes del Cuerpo de Topógrafos. A estas instrucciones, que autografiadas se circularon al personal encargado de estos nuevos trabajos, acompañan numerosos modelos que deben conducir al buen orden y a la uniformidad.

Designada la provincia de Córdoba para comenzar las triangulaciones y planos topográficos, se destinaron a ella ocho brigadas, compuestas cada una de dos oficiales y cinco topógrafos, las cuales debían operar bajo las inmediatas órdenes de un oficial del Cuerpo, encargado de todos los trabajos de la provincia.

En los cuatro meses que medían desde fin de Noviembre a fin de Marzo se han elegido 553 vértices para la red topográfica, se han medido y orientado con observaciones a la Polar 22 bases; se ha estacionado definitivamente con teodolito en 347 vértices; el número de estaciones hechas con la brújula asciende a 52967, y el de kilómetros medidos a 8129; habiéndose además terminado 50 actas de deslinde entre varios Ayuntamientos.

Estas operaciones han producido las triangulaciones, ya aprobadas por el director del Instituto, de los Ayuntamientos de Cañete de las Torres, Doña Mencía, Zuheros, Posadas, Aguilar, Morente, Fuente-Tójar, Encinas reales, Monturque, Carpio, Bujalance, Pedro-Abad, Zambra, Lucena, Montilla y Cabra, las cuales abrazan una superficie de unas 156000 hectáreas.

Las triangulaciones observadas, que no han sido remitidas para la aprobación, cubren una superficie de 350000 hectáreas.

Se están examinando en el Instituto, para presentarlos a la aprobación, los planos topográficos de los Ayuntamientos de Monturque, Posadas, Pedro-Abad, Morente, Carpio y Bujalance, que comprenden una superficie de 52000 hectáreas, para las cuales están terminada la planimetría, y además se halla concluido el mismo primer período de 116000 hectáreas de los Ayuntamientos de Córdoba, Lucena, Encinas reales, Cabra, Monturque, Aguilar y Puen-



te-Genil, y en diferentes términos 152000 hectáreas.

De suerte que están observadas las triangulaciones topográficas en una extensión de 506000 hectáreas, y terminada la planimetría en 320000 hectáreas de la provincia de Córdoba.

La de Madrid, en que por espacio de algunos años se han ejecutado trabajos de topografía catastral, exigí primeramente que se enlazasen con la geodésica de tercer orden las triangulaciones topográficas de los Ayuntamientos en que estas se hallaban terminadas; que se proyectasen y observasen las restantes; que se redujesen los planos terminados y se levantasen los que no lo estuviesen, con sujeción a las nuevas instrucciones, completando además la nivelación en donde fuese necesaria.

El resultado obtenido en igual intervalo de tiempo que en Córdoba, por 16 oficiales y 10 topógrafos con su jefe de trabajo de la provincia, fue de 360 vértices elegidos para la triangulación, 246 en que se hizo estación con teodolito, 5281 estaciones con brújula, 1070 kilómetros medidos, 9696 estaciones de nivelación, y 59 actas de deslinde. El personal restante se ha ocupado en trabajos de gabinete para terminar los que estaban sin concluir, y hacer las reducciones necesarias.

En los últimos días de Marzo salieron, para comenzar las operaciones en la provincia de Sevilla, seis brigadas, formadas de la misma manera que las de Córdoba, y también a las órdenes de un oficial del Cuerpo de Topógrafos, encargado de los trabajos topográficos de la provincia.

Por disposiciones especiales del Gobierno se continúan en los Ayuntamientos de Cartagena y Valdeolivas, provincias de Murcia y Cuenca, los trabajos topográfico-catastrales, que están a punto de terminar. Los municipios han sufragado todos los gastos, excepto los sueldos del personal.

### **PUBLICACION DEL MAPA.**

Reunidos en un establecimiento y sujetos a una misma dirección los trabajos geodésicos de primer orden y los topográficos; determinado el azimut de un lado de la triangulación; mandadas emprender las nivelaciones de precisión que han de disipar la incertidumbre que existe acerca de la altitud de Madrid; disponiendo entre los oficiales del Cuerpo de Topógrafos de un personal idóneo para desarrollar en proporción conveniente las triangulaciones de segundo orden y de tercero; dedicado este Cuerpo, compuesto de 300 individuos, a las operaciones topográficas que requiere la formación del mapa general del territorio; y utilizando, por último, después de completarlos, los resultados obtenidos hasta el día con otros fines, ha sido posible plantear las disposiciones preliminares para la publicación que todas las naciones de Europa, incluso Portugal, tienen hacia muchos años por lo menos comenzada.

Las reglas generales que, a propuesta del Instituto Geográfico, se sirvió dictar S.A. el Regente del Reino, con fecha 30 de Setiembre de 1870, son: 1ª, que la publicación se haga en escala de 1/50000; 2ª, que el mapa se divida en hojas de 20 minutos de base en sentido de los paralelos, por 10 minutos de altura en sentido de los meridianos; 3ª, que se considere como plana la parte de superficie terres-

tre representada en cada una de las hojas, sin sujetar el mapa a ningún sistema de proyección general.

Todo esto para la publicación en grande escala; mas como esta clase de obras no están, por lo costosas, al alcance del público, es necesario estudiar las condiciones en que debe publicarse una reducción. Desde luego se presenta la cuestión del sistema que convenga emplear para la proyección de este mapa reducido, y acerca de ella está haciendo detenidos estudios el ingeniero jefe del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos, encargado de la publicación del mapa en el Instituto Geográfico. También se ocupa en examinar los diferentes sistemas de representación y medios materiales de representación, para proponer los que convenga adoptar en nuestro país.

Esta Sección se ha dedicado además a todos los trabajos de la Comisión de división territorial de España para el planteamiento de la Ley provisional sobre organización del poder judicial; Comisión creada por el Ministerio de Gracia y Justicia, y a la que pertenecen como vocales el director del Instituto Geográfico y el ingeniero jefe de la Sección, el cual desempeña las funciones de secretario.

### **TRABAJOS METROLOGICOS.**

La regla de platino, de cuatro metros de longitud, perteneciente al gran aparato español, comparada con la de Borda, número 1, que se custodia en el Observatorio Astronómico de París, y empleada cuando se midió la base central de la triangulación geodésica de la Península, es el tipo lineal en que se fundan todos los trabajos de medición del Instituto Geográfico. Esta regla se ha descrito ya con gran detenimiento en otras publicaciones, y solamente resta decir que su estado de conservación no puede ser más satisfactorio.

Después de haber medido en las islas Baleares tres bases con la regla de hierro del nuevo aparato, y de haberla transportado a Sauthampton, a petición del Gobierno de la Gran Bretaña, para compararla con los tipos de aquel establecimiento geográfico, es indispensable repetir la comparación hecha en 1866 con la regla tipo de platino, y más adelante determinar de nuevo el coeficiente de su dilatación lineal. Mandadas ejecutar las nivelaciones de precisión, encomendadas a la Sección de trabajos geodésicos, lo primero que se debe hacer es la comparación de cada una de las miras especiales que se hayan de usar, para determinar su longitud absoluta. Y no solamente una vez, sino que estas comparaciones se han de repetir con frecuencia, verificándolas por lo menos antes de dar principio a cada campaña e inmediatamente después de terminada, con el fin de estudiar y tener en cuenta la variabilidad de las miras, como se practica en otras naciones de Europa en que se están haciendo nivelaciones de precisión<sup>4</sup>.

Estos trabajos, y otros de la misma especie que requiere el servicio del Instituto, tales como la determinación de la longitud absoluta de la regla de plata perteneciente al gran catetómetro del barómetro normal y la de otras medidas destinadas a diferentes usos, exigían el establecimiento de un comparador permanentemente montado. Si hubiese sido más considerable la cantidad disponible para las obras, se hubiera proyectado un comparador cuyos resultados alcanzarían mayor precisión; pero aún limitando los gastos



## Servicios y Sistemas de Información Geográfica para la Administración Local

Álaba 140-144  
Planta 3, P. 3  
**08018 Barcelona**

T 902 210 099  
F 934 864 601

[abs@absis.es](mailto:abs@absis.es)

Santa Engracia 141  
Planta 4, Ofic. 1  
**28003 Madrid**

T 915 352 478  
F 915 343 942

[abscentro@absis.es](mailto:abscentro@absis.es)

AbsisDeleg:  
Lleida / València  
A. Coruña / Sevilla  
Tarragona

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



ABSIS

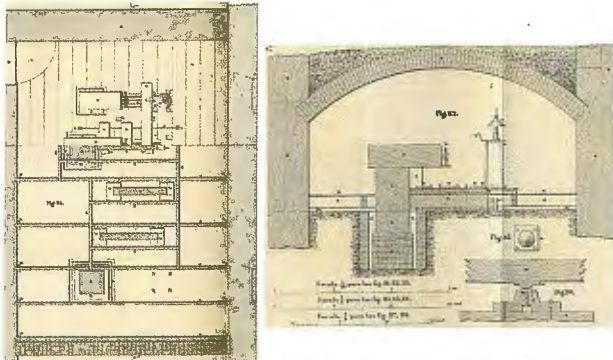


al crédito disponible, y utilizando todo el material existente en el establecimiento, es de esperar que se obtendrá la exactitud necesaria, sin perjuicio de preparar más adelante otros medios de comparación, si nuevas operaciones, de índole todavía más delicada, lo exigiesen.

<sup>1</sup> Experiencias hechas con el aparato de medir bases, etc.

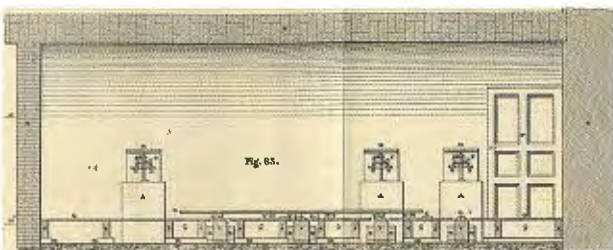
<sup>2</sup> Las dos miras destinadas a la doble nivelación que se principiará en breve, entre el puerto de Alicante y el Observatorio Astronómico de Madrid, se construyeron en Aarau (Suiza). El Instituto Geográfico debe a la amabilidad del Sr. Doctor Hirsch, Director del Observatorio de Neuchâtel, una primera comparación de estas miras con el tipo federal de Berna, y además la determinación de su ecuación, hecha independientemente en el citado Observatorio

De acuerdo las Secciones de trabajos geodésicos y petrológicos, ejecutaron en uno de los sótanos del edificio que ocupa el Instituto Geográfico las obras indispensables para establecer el comparador. La sala abovedada S S X R (figuras 81, 82, 83) tiene su piso a 2m por debajo de la acera y firme x, x' de la calle, recibiendo luz y ventilación por las ventanas I, I, así como por la puerta P, que le sirve de comunicación con el resto del edificio. La figura 81 representa el corte y vista por el plano horizontal a' desde R hasta a''a'', y desde aquí hasta el otro extremo de la sala el corte y vista por el plano horizontal a; la figura 82 el corte y vista por el plano vertical a''a'', y la 83 el corte y vista por el plano vertical a'''a'''.



Practicadas tres excavaciones, se construyeron en su fondo los cimientos F, sobre los cuales se sentaron las basas de granito B, que recibieron a su vez los pilares también de granito A, destinados a sostener los prismas de piedra caliza C, en los que se aseguran los microscopios micrométricos M, que sirven para las comparaciones. El terreno de arenisca firme, permitió dar por terminadas las excavaciones a la profundidad de 1m; y para que los pilares quedasen lo más independientes que fuese posible del piso de la sala, se dejaron los huecos E alrededor de los cimientos, entre éstos y el revestimiento de las excavaciones.

Se había dispuesto que pudiesen compararse medidas de cuatro metros de longitud, de tres metros y de uno; lo cual obligó a colocar los pilares como indican las figuras. Los dos extremos están situados de tal suerte, que los centros

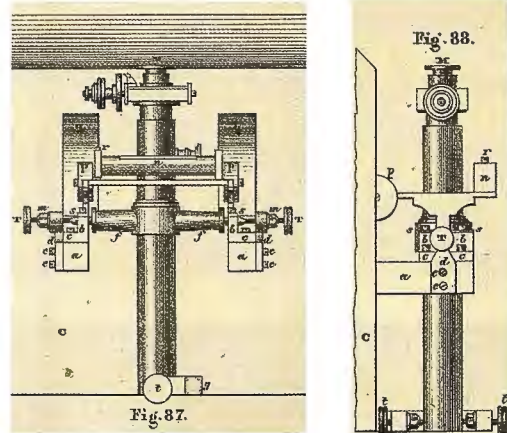


de las caras de los prismas C, en que se aseguran los microscopios M, se hallan uno de otro a cuatro metros aproxima-

damamente de distancia; y el mismo punto del prisma C intermedio, a un metro del extremo más próximo.

Los microscopios M (figuras 87,88) tienen un objetivo acromático de 0m, 056 de distancia focal, y en el extremo opuesto del tubo un micrómetro, al que se halla unido un ocular, cuyo aumento es de 12 veces, siendo de 60 veces el aumento total del microscopio. El tambor del micrómetro está dividido en 100 partes iguales, y como una revolución o vuelta corresponde próximamente a una décima de milímetro, cada parte del tambor vale aproximadamente una milésima de milímetro. Los microscopios se aseguran a los prismas C por medio de dos barras de hierro a, a, introducidas en la piedra y recibidas con plomo, las cuales sostienen los cojinetes de latón b, b fuertemente sujetos con los tornillos c, c.

La distancia entre las dos barras es algo mayor que la longitud de la parte cónica del eje horizontal ff del microscopio, quedando así un pequeño juego en sentido longitudinal, que permite situar los microscopios a una distancia dada. Las piezas d, d unidas a las a, a y sujetas con los tornillos, e, e, se hallan atravesadas por otros tornillos T, T, destinados a situar los microscopios a la distancia que se desea, quedando después fija la posición del eje ff con asegurar las sobremuñoneras s, s, y apretar las tuercas m, m, para impedir, en uno de los sentidos, el giro de los grandes tornillos T, T. Sobre el eje ff, y encima de los cojinetes b, b, asienta el nivel n, cuyos contrapesos p, p entran en los rebajos q, q practicados en el prisma C, pudiendo cambiar la inclinación del tubo valiéndose del tornillo r. Los cojinetes b, b se construyeron expresamente sin movimientos de rectificación; pero se limaron lo necesario hasta obtener la horizontalidad del eje ff.

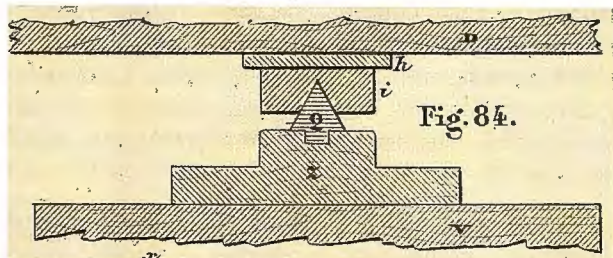


A fin de mantener los microscopios con la menor inclinación posible en sentido transversal, hay, en la parte inferior de cada una de las piedras calizas, la pieza de hierro g, en la que penetran los tornillos con tuerca t, t, destinados a sujetar el tubo exterior del respectivo microscopio, después de rectificado.

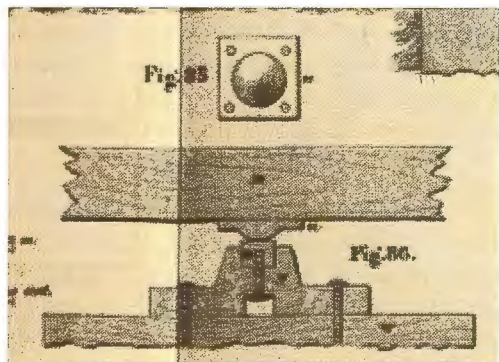
Sobre el suelo de la habitación (figuras 81, 82, 83), y empujadas en macizos de ladrillo W, se colocaron cuatro fuertes viguetas V, situando la primera frente al centro de uno de los pilares extremos, y las restantes a un metro respectivamente de la que le antecede; sobre ellas se montaron unas guías de acero, a lo largo de las cuales resbalan los tabones D, destinados a recibir en sus extremos los soportes, y sobre éstos las reglas que se quieran comparar. Dos



de estos tablonos D, de 3m de longitud, sirven para recibir reglas de cuatro metros; otro de 2m sostendrá medidas de tres, y el de 1m, 80 soportará las de un metro de largo. Para que el pilar intermedio no impidiese el juego de los tablonos al comparar reglas de 4m de longitud, fue preciso colocarlo más retirado que los otros, de tal suerte, que el primer tablón D, sin llegar a tocar al pilar, pueda entrar lo suficiente debajo del prisma intermedio C para que el segundo tablón D venga a situarse con su línea central en la de los microscopios extremos. Por esa razón el prisma C intermedio es de mayor longitud que los otros dos.



Cada tablón D lleva en la cara inferior un aplancha de hierro laminado h (fig. 84), de 0m,43 de longitud, a cuyos extremos van sujetos con tornillos los cojinetes i que resbalan sobre las caras del carril de acero Q. Este a su vez está atornillado por la parte inferior a la pieza de madera z, la cual también se sujeta con tornillos a la vigueta V. Hacia el otro extremo del tablón, y en la cara inferior del mismo, está sujeta la pieza de acero u (figuras 85, 86) que resbala sobre la barra plana, también de acero, o, la cual se halla sujeta a la pieza de madera y, atornillada sobre una de las viguetas V.



Con el objeto de evitar que las vibraciones ocasionadas por el movimiento de personas en la sala, se transmitan a los pilares, o a las viguetas y tablonos V, D (figuras 81, 82, 83), se construyó un piso de madera enteramente independiente del de la sala. Se compone de viguetas Z empujadas en los muros S sin tocar al terreno, y solo en los extremos se apoyan sobre dos zoquetes de madera H. Otras viguetas más cortas Ñ, pero de igual sección transversal que las anteriores, y ensambladas a ellas, distribuyen el espacio de un modo conveniente para colocar sobre todas un piso de tabla G, de madera que no toca a ningún pilar A ni vigueta V, y queda 0m, 04 más bajo que la cara inferior de los tablonos D.

El movimiento de estos últimos se hace por medio de cuerdas sin fin J, que pasan por las poleas Y, aseguradas al tablado G. El punto de sujeción de la cuerda sin fin en cada tablón es el más favorable para facilitar su movimiento. Para que los tablonos no salgan de sus carriles, ni lleguen a chocar con los pilares, se aseguraron al tablado del piso

unos topes de hierro K. Otros topes análogos, pero de charnela, se colocaron de manera que, adaptados al tablado, permitan el movimiento de los tablonos D, y levantados, los detengan en el momento en que las divisiones de las reglas que se comparan se hallen en el campo de los microscopios; bastando entonces los movimientos de los soportes para situar la regla en la posición adecuada para observar.

Las comparaciones se efectúan con luz artificial, cerrando las ventanas I cuando se han practicado todas las operaciones preliminares. En el tablado G hay las aberturas necesarias para que pasen los pies de cada una de las mesillas L destinadas a sostener la lámpara N, cuya luz se concentra sobre la raya de la regla que se va a observar por medio de una lente montada en la armadura U.

Para cuando la temperatura de una de las reglas o de las dos que se comparan se haya de determinar por medio de termómetros de mercurio, están convenientemente dispuestas las lentes que han de facilitar la iluminación y los anteojos destinados a verificar las lecturas.

Todas las disposiciones preparatorias se hallan terminadas, y comenzarán inmediatamente las comparaciones de las diferentes medidas lineales.

También está proyectada, y se ejecutará en breve, una comparación con la regla tipo, de otra semejante que construyó después que aquella, el mismo artista Brunner, con destino al Observatorio de San Fernando; comparación indispensable para ligar con la red geodésica las triangulaciones que el Cuerpo de la Armada extiende a lo largo de algunas costas de la Península. En esta comparación, que se llevará a cabo por ambos establecimientos, tomará parte el ingeniero del Cuerpo de Minas encargado en la actualidad de los trabajos metrológicos del Instituto Geográfico.

El Decreto orgánico y Reglamento de este establecimiento le encomienda los estudios y trabajos que en España se ejecuten para contribuir a la determinación del metro y del kilogramo internacionales. La cuestión del metro fue planteada, como era de esperar, por la Asociación geodésica internacional para la medición de grados en Europa, a causa de la imposibilidad en que se hallaba de ligar entre sí los arcos de Meridiano y de Paralelo medidos por las diversas naciones y expresados cada uno en función de diferente unidad lineal.

Una de sus primeras decisiones fue que los Gobiernos, antes de enviar sus respectivos trabajos geodésicos, los mandasen reducir a una medida común; y al elegir esta medida, teniendo en cuenta que entre todas las adoptadas por las diferentes naciones, el metro reunía la mayor probabilidad de ser aceptado generalmente, se decidió por la adopción del sistema métrico.

Dictada esta resolución era indispensable completarla con las necesarias para llevarla a cabo; pero se tropezó con una dificultad inherente a la construcción especial del metro prototipo que se conserva en los Archivos de Francia, y a su estado de conservación a consecuencia de las numerosas comparaciones hechas con él y de la poca dureza del metal de que está formado. Consiste, como es sabido, el



citado tipo métrico en una barra de platino, cuya anchura y espesor son respectivamente de 25 y 31/2 milímetros, terminada por caras que deben ser planas y perpendiculares a su eje longitudinal; definiéndose el metro por la distancia mínima entre estas dos caras. Como en las comparaciones hechas con este tipo ha sido preciso tocarlo con una de las piezas del comparador, los extremos del metro no están en el estado que exigen la geodesia y metrología modernas para el conocimiento de los tipos lineales, ni en armonía con los medios de comparación que poseemos actualmente. Por estas razones adoptó la Asociación geodésica en 1867 la siguiente resolución, que se comunicó a todos los Gobiernos: «A fin de definir la unidad común de medida para todas las naciones y para todos los tiempos tan exacta e invariablemente como sea posible, la Conferencia recomienda la construcción de un nuevo metro prototipo internacional.

Su longitud deberá diferir lo menos que sea posible de la del metro de los archivos de París, y se le comparará con la mayor exactitud. En la construcción del nuevo metro prototipo es preciso, sobre todo, tener presentes la facilidad y exactitud de las comparaciones que son necesarias. La construcción del nuevo metro, así como la de sus copias destinadas a los diferentes Estados, y las comparaciones de éstas con aquél, deberían confiarse a una Comisión internacional, en la cual se hallasen representadas las nacional interesadas «.

Dos años más tarde interponía su influencia la Academia de Ciencias de San Petersburgo para que se resolviese a la mayor brevedad la cuestión del metro con el concurso de todas las naciones que lo desearan, y la Academia de París se dirigía poco después a su Gobierno, proponiéndole que invitase a todos los demás para reunir una comisión internacional con tal objeto.

El resultado fue que el Gobierno francés decidió, y comunicó a los demás Estados: 1º Que una Comisión especial haga una copia legal por medio de un metro terminado por trazos, del metro a cantos depositado en los Archivos de Francia. 2º Que los Gobiernos extranjeros estaban invitados a delegar persona encargada de tomar parte en todos los estudios y en todas las resoluciones que conduzcan a dar una confianza entera respecto a la exactitud de los tipos derivados del de los Archivos.

Veinticinco naciones aceptaron la invitación de Francia; pero, con motivo de la guerra, no estuvieron representadas más de veintiuna en las sesiones de la Comisión, inauguradas el día 8 de Agosto de 1870. Estas naciones son: Austria-Hungría, Colombia, Chile, Ecuador, España, Estados Romanos, Estados Unidos de América, Francia, Gran Bretaña, Grecia, Italia, Nicaragua, Noruega, Perú, Portugal, Rusia, San Salvador, Suecia, Suiza y Turquía.

La Comisión constituyó inmediatamente su mesa en la forma siguiente:

Presidente.....Sr. Mathieu, de la Academia de Ciencias de París.

Sr. Struve, de la Academia de Ciencias de San Petersburgo.

Sr. Millar, de la Sociedad Real de Londres.

Vicepresidentes.....Sr. Henry, profesor en Washington.

Sr. Herr, profesor de Geodesia y Astronomía en la Escuela Politécnica de Viena.

Sr. General Morin, de la Academia de Ciencias de París.

Secretarios..... Sr. Tresca, subdirector del Conservatorio de Artes y Oficios.

Sr. Hirsch, director del Observatorio de Neuchâtel.

Se aprobó la siguiente proposición, presentada por varios miembros de la Comisión: «En presencia de las actuales circunstancias, la Comisión internacional del Metro, en interés mismo de su misión, cree deber aplazar toda decisión definitiva para una época más favorable. Entre tanto aprovecha esta reunión para discutir, con el carácter de estudios preliminares, los principios con arreglo a los cuales se deberá construir el nuevo prototipo del metro internacional.

La Comisión ruega al Gobierno Francés que la convoque de nuevo tan pronto como lo permitan las circunstancias, y desearía que se ensanchase el programa de su misión de suerte que comprendiese todas las medidas propias para dar al sistema métrico un carácter verdaderamente internacional, y para que los nuevos prototipos puedan satisfacer las exigencias actuales de la ciencia «.

El Gobierno francés, por conducto del Sr. Director general del Comercio interior y de la Industria, que asistió a una de las sesiones en representación del Sr. Ministro, manifestó que accedía gustoso a lo que proponía la Comisión, y ésta procedió, en su consecuencia, a discutir un extenso programa de las cuestiones que deben estudiarse por todos sus individuos, relativas unas al metro, y otras al kilogramo. Pero se decidió además el nombramiento de una comisión permanente de trabajos preparatorios, la cual tiene la obligación directa de dedicarse a los mencionados estudios.

Esta comisión permanente se compone de los individuos que representan a Francia en la Comisión internacional, y de los delegados siguientes: Señores Airy, Chisholm, Baron de Wrède, Wild, Hirsch, Ibáñez, Steinheil, Foerster, Lang é Hilgard; quedando perfectamente sentado que todos los miembros de la Comisión internacional tiene derecho a tomar parte en los estudios de la permanente, y también en sus trabajos cuando se hallen en París.

Las principales cuestiones que por ahora se han de someter al estudio y al experimento son las siguientes:

Materia que se debe emplear en la construcción del Metro prototipo internacional y en las copias destinadas a las diferentes naciones, teniendo en cuenta, entre otras muchas cualidades, la variabilidad de los coeficientes de dilatación lineal, demostrada experimentalmente, en el intervalo de veinte años, para algunas barras de hierro y de zinc. Forma más conveniente de los tipos lineales, tanto para su perfecta conservación, como con el fin de facilitar las comparaciones, y de que éstas puedan hacerse con grande exactitud.

Manera de comparar el metro prototipo internacional con el de los Archivos de Francia. Comparador y métodos que después hayan de usarse para determinar las longitudes de las diferentes copias.

Manera de conservar los tipos lineales, y de asegurarse periódicamente de su estado.

Respecto del kilogramo, si debe definirse, como el metro, por un objeto material, que será el prototipo que se construya, o si debe conservarse la definición fundada en su relación teórica con la unidad de medida longitudinal.

Si en todo caso, y teniendo en cuenta la importancia práctica que tienen en el sistema métrico las relaciones de la unidad de peso con la de longitud, convendría hacer una copia del kilogramo de los Archivos de Francia, o bien determinarlo de nuevo, partiendo del metro, puesto que tenemos la certidumbre de que este difícil problema se resolverá en la actualidad de una manera más satisfactoria que anteriormente.

Balanzas y precauciones para la conservación del prototipo del kilogramo y de las copias destinadas a las diferentes naciones.

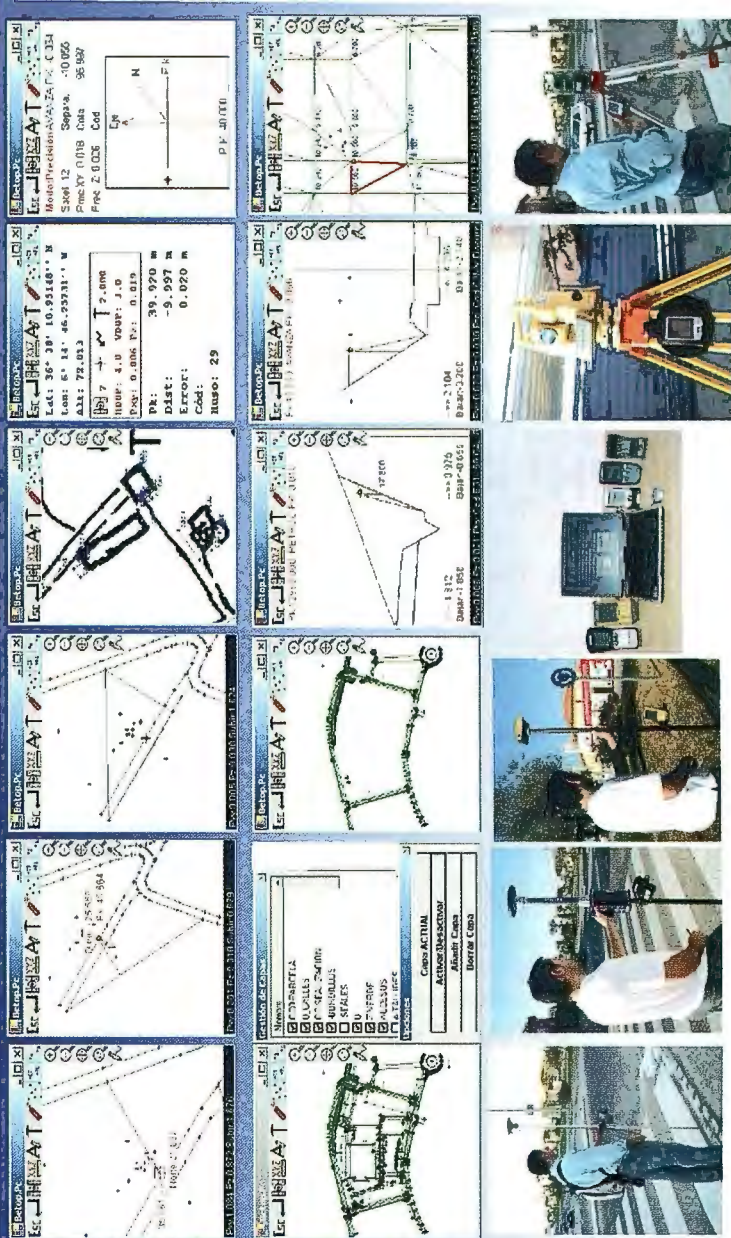
Interrumpidas, a consecuencia de la guerra, las relaciones entre algunos individuos de la Comisión internacional, es de esperar que en breve se reanudarán, y podrán comenzar las investigaciones.



Placa conmemorativa en el número 8 de la Calle Jorge Juan (Madrid), la primera sede del Instituto Geográfico y Estadístico.

## CONTABILIDAD

Esta Sección, compuesta de un jefe, un oficial auxiliar y cuatro escribientes, pertenecientes a la Administración civil, se ha ocupado desde su creación en todos los asuntos relativos a la gestión económica. Formó el proyecto de las Instrucciones vigentes para el servicio de contabilidad del Instituto Geográfico; ha examinado las cuentas que mensualmente rinden desde el campo, tanto las brigadas geodésicas como las topográficas, cuyo número total se eleva en la actualidad a más de treinta; ha hecho las reclamaciones de giros, ha intervenido oportunamente todas las operaciones de la Depositaria de Fondos; ha instruido los expedientes necesarios, y ha emitido informe en todos los de las demás Secciones que lo han requerido por referirse a servicios que debían producir gasto; y forma, por último, las nóminas de haberes y gratificaciones de todo el personal. También ha tenido a su cargo el registro de entrada y salida de la correspondencia y el servicio de cierre.



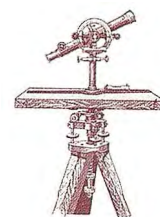
# Solución Global para GPS y Estación Total

- Totalmente enlazados con todos los Programas de PC de uso habitual en España (Ispol, Cartomap, Clip, TCP-IP, etc).
- Compatible con todas las Estaciones Totales y GPS del mercado (Topcon, Leica, Ashtech, Thales, Sokkia, etc).
- Capaz de Trabajar en cualquier PDA con Windows Ce 3.0 ó Superior, Pocket Pc 2000 ó Superior, y Epoc-16/32.
- Actualizaciones y Mejoras continuas y Gratuitas.
- Mas de Mil licencias nos avalan.
- Distribuido por: Topcon, Inland, Grafinta, Orsenor, La Técnica, Al-Top, Servitopo, Prisma, Narváez, Aticsa, Sutop, Leica, ...

**www.betop.es**



# «CARACTERIZACIÓN DEL SENSOR HIPERESPECTRAL AHS PARA LA GEORREFERENCIACIÓN DIRECTA DE IMÁGENES A PARTIR DE UN SISTEMA INERCIAL GPS/IMU»



PONENCIA IMPARTIDA EN LA 6ª SEMANA GEOMÁTICA

J. G. Rejas, E. Prado, M. Jiménez, A. Fernández-Renau, J.A. Gómez y E. De Miguel.  
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, INTA

*Palabras clave:* hiperespectral, georreferenciación directa (DG), calibración, cartografía digital.

## Resumen

El Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) ha incorporado desde septiembre de 2003 a su plantilla de sensores aeroportados, uno nuevo de tipo hiperespectral llamado AHS (Airborne Hyperspectral Scanner), que supone una apuesta en tecnología de última generación para facilitar a la comunidad científica datos adecuados que permitan abordar proyectos en las tendencias que apuntan diversas áreas de investigación.

En el presente trabajo se describe la caracterización geométrica del sensor y las calibraciones realizadas para utilizar los parámetros de orientación externa medidos por un sistema inercial GPS/IMU en la georreferenciación directa de las imágenes que genera. Debido a su especial configuración espectral, y a las ventajas operativas que se obtienen de la integración con la plataforma aérea del INTA, se expondrá así mismo la potencialidad del AHS en cartografía en tiempo real, tarea para la que es necesario primeramente resolver el problema de la automatización en la rectificación de las imágenes y la transmisión de datos en vuelo.

## 1. Introducción

El desarrollo en las últimas décadas de sensores hiperespectrales amplía las posibilidades de utilización de la teledetección en la representación y estudio de las características biofísicas de la Tierra, y de las de otros cuerpos celestes observados. Hacer compatible los medios disponibles con la extensión de los fenómenos a analizar, conduce necesariamente a la optimización de las metodologías empleadas.

Un factor a tener en cuenta en esta mejora de los métodos es el propio instrumento de medida. Para poder emplear cuantitativamente los datos es necesario definir las relaciones espaciales y espectrales del sensor con la superficie observada, es decir, caracterizarlo. En esta fase hay que abordar la calibración del sensor y la integración con otros componentes globales del sistema, como puedan ser los datos de orientación externa medidos por una unidad inercial a emplear en la georreferenciación directa de las imágenes.

Cabe destacar en este sentido, las investigaciones llevadas a cabo por el grupo de trabajo «Integrated Sensor Orientation» de la European Organization for Experimental Photogrammetric Research (OEEPE), actualmente llamada

EuroSDR, formado por colaboración de distintos organismos europeos y empresas fabricantes. En 2001 este grupo presentó los resultados de diversos test como respuesta a la madurez alcanzada por la tecnología inercial en combinación con GPS en orientación directa de sensores ([1][3][11] entre otros).

El interés de los sistemas inerciales en georreferenciación de imágenes es que pueden potencialmente, proporcionar de manera directa los parámetros de orientación exterior (POE) de sensores aeroportados. Para que resulte operativo un sistema de Observación de la Tierra de este tipo, formado por un sensor de imagen y un sistema inercial GPS/IMU, es necesario primeramente integrar (analítica y electrónicamente) y calibrar los distintos subsistemas que intervienen. Una de las tareas más críticas es la determinación del alineamiento de la unidad de medida inercial (IMU) respecto del sensor (calibración de boresight), de especial complejidad en escáneres lineales.

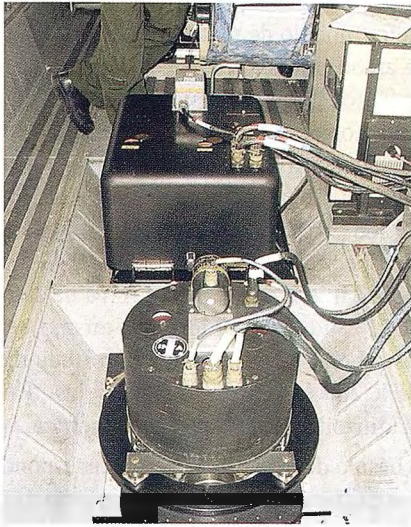
El INTA ha incorporado a su plantilla de sensores un escáner denominado AHS que pretende dar respuesta a la demanda por parte de la comunidad científica de datos hiperespectrales, y que gracias a su configuración específica complementa a su vez la de otros sensores hiperespectrales ya operados en la actualidad. En octubre de 2003 se presentó el AHS en el X Congreso Nacional de Teledetección de la AET (Asociación Española de Teledetección) celebrado en Cáceres, en el que se pudieron mostrar y analizar in-situ las imágenes adquiridas por el sensor un día antes.

En el marco de los trabajos de puesta a punto del sensor, se encuadra la caracterización geométrica y la integración con un sistema inercial de posicionamiento y orientación cuyo objetivo último permita la georreferenciación directa de las imágenes. Este artículo concluye con un apartado en el que se esbozan las expectativas de aplicación del AHS en cartografía en tiempo real.

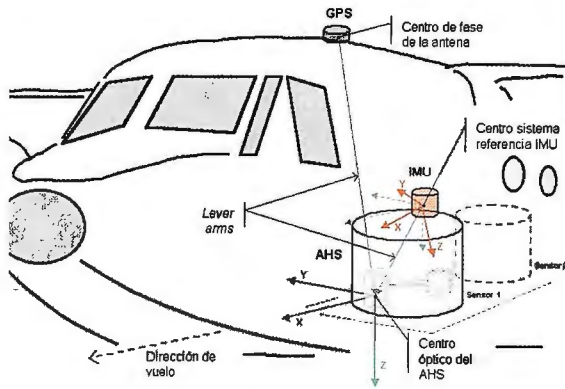
## 2. El escáner hiperespectral AHS

El espectrómetro de imagen AHS es un escáner lineal aeroportado tipo whiskbroom de 80 bandas en el espectro electromagnético, desarrollado por Sensytech Inc. (actualmente Imaging Group ArgonST) [19] bajo los requerimientos especificados por el INTA. Las características técni-

cas del sensor se definen por sus resoluciones (espacial, radiométrica, espectral y temporal) así como por el tipo de geometría de adquisición, que a continuación se detallan.



AHS (a), posición IMU (b) y ATM (c).



Sistema AHS-GPS-IMU.

### 2.1 Características radiométricas y espectrales

El AHS registra datos en 12 bits dentro de las ventanas atmosféricas del visible al infrarrojo térmico y divide la radiación incidente en 5 espectrómetros o «puertos» individuales. Dispone de dos cuerpos negros como fuentes de referencia, controlables en temperatura en un rango de  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $+25^{\circ}\text{C}$  con respecto a la temperatura de la cabeza sensora.

Canal	Límites Espectrales		Rango Espectral	Ancho Espectral $\mu\text{m}$	Puerto
	Inferior $\mu\text{m}$	Superior $\mu\text{m}$			
1 a 20	0,43	1,030	VIS+NIR	0,030	PORT #1
21	1,550	1,750	SWIR	0,20	PORT #2A
22 a 65	1,994	2,540	SWIR	0,013	PORT #2
66 a 69	3,30	5,40	MIR	0,30	PORT #3
70 a 80	8,20	12,70	LWIR	0,30	PORT #4

### 2.2 Geometría de adquisición

La modelización y caracterización de la geometría de adquisición en sensores de Observación de la Tierra, es una tarea fundamental para el uso riguroso y efectivo de estos instrumentos en proyectos de ingeniería y de teledetección en los que se requiera un dato georreferenciado. Para algunos sistemas, como por ejemplo los escáneres lineales de adquisición por barrido de los que es un caso el AHS, la orientación directa se presenta como la única alternativa eficaz y operativa en el tratamiento de los datos.

Previamente a élla, hay que determinar los parámetros que describen la geometría interna del sensor. Para el AHS, el FOV (Field of View) y el IFOV (Instantaneous Field of View) junto a la velocidad de barrido especifican su orientación interna y la cobertura y resoluciones espaciales a las que puede registrar un dato. La gama de velocidades de barrido del AHS es 6.25, 12.5, 18.7, 25, 31.2 y 35 Hz, que para un FOV de  $90^{\circ}$  y un IFOV de 2.5 mrad permiten obtener resoluciones que van de 2.4 a 13.7 m en alturas típicas de vuelo.

La distancia focal nominal del AHS son 6 pulgadas (15.24 cm). Para estimar la distancia focal efectiva y ajustar el parámetro teórico, se ha empleado la función matemática conocida para sensores whiskbroom [7] y la relación de esta con la altura de vuelo y la distancia focal en una cámara matricial, aprovechando la capacidad que tiene el sistema de teledetección aeroportado del INTA para realizar vuelos en tándem con dos sensores [9].

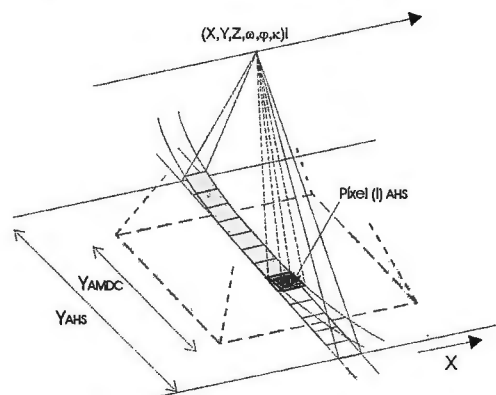
Sensor	AMDC	Daedalus 1268	AHS
Tipo	cámara digital	whiskbroom	whiskbroom
FOV	$39^{\circ}$	$85.92^{\circ}$	$90^{\circ}$
IFOV	0.32 mrad	1.25-2.5 mrad	2.5 mrad
Altitud sobre el terreno (m)	1376	1376	1376
Tamaño imagen (píxel)	2024 x 2041	736 x 1	753 x 1
Cobertura (m)	1000 x 1000	2564 x 3.44	2751 x 3.44
Resolución (m)	0.5	3.44	3.44

La distancia focal en el AHS se puede expresar en función de su ángulo y arco (s) de barrido como:

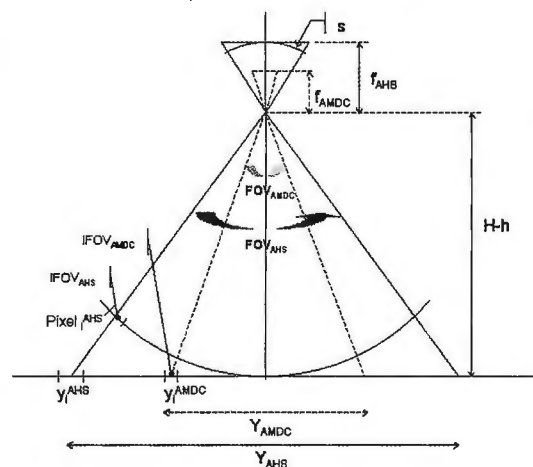
$$s/2 = f_{\text{AHS}} * (\text{FOV}_{\text{AHS}} / 2) \quad (1)$$

De la misma manera la cobertura espacial se deduce como:

$$Y_{\text{AHS}} / 2 = (H - h) * \tan(\text{FOV}_{\text{AHS}} / 2) \quad (2)$$



Esquema de vuelo simultáneo AHS y AMDC





Para una misma altura de vuelo (H-h) se ha establecido la relación entre escalas para el AHS y la cámara digital AMDC, sensor cuyo detector es un CCD matricial de tamaño conocido, y consiguientemente se ha determinado la distancia focal efectiva del AHS que hemos adoptado en su orientación interna.

### 2.3 Integración con un sistema inercial de posicionamiento y orientación

El sistema inercial que se ha utilizado es un POS/AV 410 de Applanix [14], diseñado específicamente para la georreferenciación directa de datos de sensores aeroportados. Mide rotaciones y aceleraciones mediante tres giróscopos de fibra óptica y tres acelerómetros de silicio, respectivamente, que permiten obtener una precisión en la medida angular en post-proceso de 0.008° para el alabeo (roll) y el cabeceo (pitch), y 0.015° para el azimut (true heading).

El POS/AV 410 está asistido por un receptor GPS de doble frecuencia (L1/L2) y 12 canales, capaz de operar en modo diferencial, que proporciona datos de posición y velocidad de la trayectoria de vuelo con una precisión de 5-10 cm en post-proceso.

La posición precisa medida por el receptor GPS es, mediante un filtro de Kalman, complementada e integrada con las salidas de la IMU, y viceversa, de tal manera que podemos obtener datos de posición y orientación para cada línea de imagen del AHS bajo los requerimientos de precisión y operación de éste.

parámetro	AHS
Modelo de sensor	0.1 mrad
Sincronización	0.028 s
Posición (X,Y)	1.2 m
Altitud (Z)	3 m
Roll/pitch	0.15 mrad
Heading	0.6 mrad

Requerimientos de precisión para el AHS en la configuración de los vuelos de calibración.

La sincronización del AHS y del POS/AV 410 se realiza a partir del pulso TTL (Transistor Transistor Logic) que genera el escáner en la mitad de cada línea para cada velocidad de barrido, según la configuración de vuelo. Este pulso es la señal evento que registra el POS/AV 410 para cada línea de imagen registrada junto con un dato de tiempo GPS, posición y velocidad en autónomo, dato-evento que permite relacionarla con su correspondiente dato del sistema inercial.

### 3. Test empírico

Para determinar el alineamiento de la IMU respecto al AHS, se ha realizado un vuelo a partir del cual se ha podido establecer redundancia estadística adecuada y calcular parámetros de orientación externa independientes a los medidos por el sistema inercial.

El diseño del test es fundamental para la obtención de parámetros contrastables. Se ha tenido presente no sólo la configuración interna del sistema (plataforma-sensor-IMU-GPS), sino la propia relación con los condicionantes habituales en una campaña aeroportada (altura de vuelo, temperatura, velocidad, rumbos, derivas aeronáuticas, estado atmosférico, distancia a estación GPS de referencia, Datum, etc) que influyen en el cálculo y estabilidad de los parámetros de calibración [3][4]. De esta manera se pretende contemplar las distintas fuentes de error que puedan intervenir y las posibles correlaciones entre parámetros internos y externos que puedan producirse.

### 3.1 Diseño y adquisición de datos del vuelo de calibración

El objetivo que se persigue con este vuelo es poder modelizar la geometría perspectiva de cada línea (modelo del sensor), modelizar el movimiento de la plataforma a lo largo del vuelo (modelo de plataforma), y calcular los parámetros de ambos modelos.

Los datos fueron adquiridos el 26 de abril de 2004, sobre un área entre Torrejón de Ardoz y Alcalá de Henares en un vuelo simultáneo con el sensor AHS en posición más próxima a la cabeza del avión y el sensor ATM del escáner Daedalus 1268 [9] en posición más próxima a cola. La configuración espectral del AHS cubrió de 0.43 a 12.7 (m en sus 80 bandas, mientras que la del ATM ha sido de 0.42 a 13.0 (m en 11 bandas espectrales. Así mismo, se han registrado datos sobre el terreno con espectrorradiómetros GER 1500 y GER 2600 en distintas superficies identificables, medidas a utilizar en calibración radiométrica.

El diseño básico del test empírico se corresponde con ejes de vuelo (nos referiremos a ellos de la misma manera como «pasadas») formando una cruz, en direcciones Norte-Sur y sentidos contrarios, y Este-Oeste. Se registraron 4 pasadas a 1373 m de altura sobre el terreno y 25 Hz, con una cobertura espacial de 2746 m perpendicular a dirección de vuelo (cross-track), 14.0 km en dirección de vuelo (along-track) y resolución nominal de 3.44 m. Otras 3 pasadas fueron realizadas a 981 m de altura y 35 Hz, con cobertura espacial de 1982 m (cross-track), 10.0 km (along-track) y resolución de 2.46 m.

Se han incluido ejes de vuelo a distintas alturas para estimar la correlación entre la focal efectiva del sensor y los parámetros de boresight, adaptando la siguiente relación [10] a la configuración del vuelo:

$$H_{Alta} = 1.5 \times H_{Baja} \quad (3)$$

de tal manera que se obtiene un solape entre pasadas a distinta altura del 70 % satisfactorio para abordar correlación de imagen en ambas alturas. Uno de los ejes de vuelo se ha hecho coincidir con una zona de acusado relieve (>15%), el cerro Gurugú, para estimar la distorsión de este efecto y la exactitud esperada para este caso.

El polígono de calibración se corresponde con la red microgeodésica del INTA, formada por vértices y puntos de apoyo señalizados dispuestos cada 500 m, accesibles e identificables. La precisión media de los vértices es de  $\pm 2$  cm. Esta red se densificó a partir de observaciones geodésicas con receptores GPS Leica 300, para posicionar puntos homólogos dispuestos en las zonas de cruce de las imágenes. Como datos auxiliares se ha utilizado además, cartografía 1:500 y un modelo digital del terreno de paso de malla de 1 m y precisión en altura de 0.5 m para la localización de puntos de control y de chequeo.

Los vértices que lo han requerido han sido preseñalizados para mejorar el contraste radiométrico con el terreno y facilitar su identificación precisa en las imágenes. Se han empleado señales diseñadas básicamente, para responder a las dimensiones y disposición adecuadas en relación con la resolución espacial de las imágenes [5][8]. Se pretende así obtener señales puntuales de tipo reflectivo, que representen uno o pocos píxeles radiométricamente puros en la imagen.

# Aplicaciones para Dispositivos Móviles

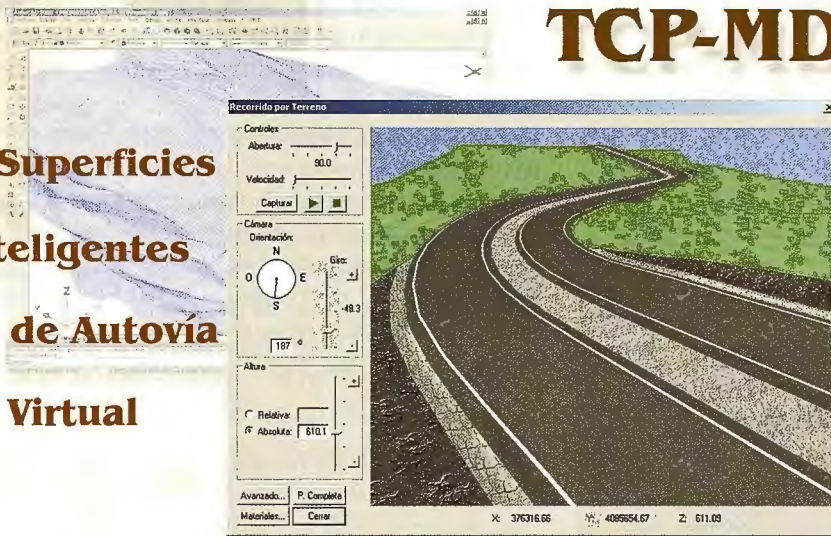


**Replanteo y Toma de Datos con GPS y Estación Total**

**Gestión de Dibujos con potente CAD**

**Control de Obras de Túneles**

## TCP-MDT

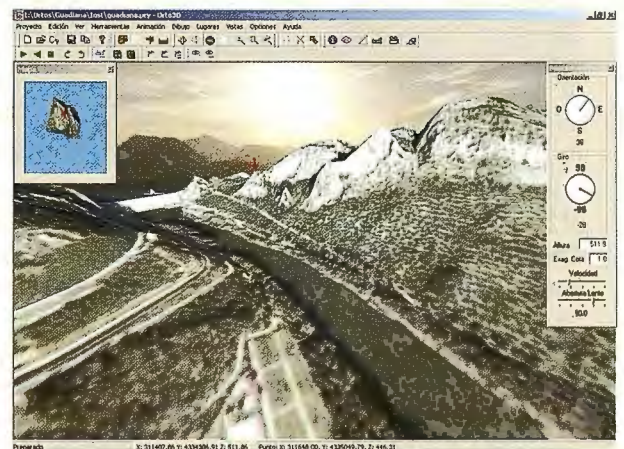


**Edición de Cartografía**  
**Cubicación Rápida**  
**Parcelación**

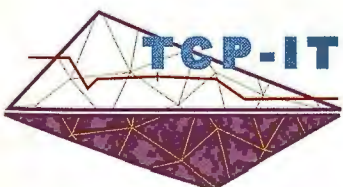


**autodesk**  
authorized developer

## Orto3D



**Presentaciones realistas de alta calidad**  
**Proyectos de carreteras y urbanización**  
**Estudios de impacto ambiental**  
**Incorporación de cartografía**  
**Animaciones y Videos**



**Nueva Denominación:**



Aplicaciones de Topografía e Ingeniería Civil

C/ Sumatra nº 9, 29190 - Málaga

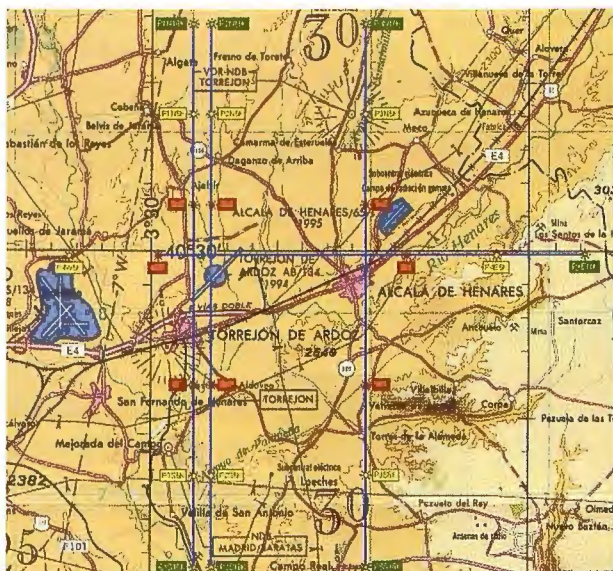
Tlf: 952-439771

Fax: 952-431371

www.aplittop.com

info@aplittop.com



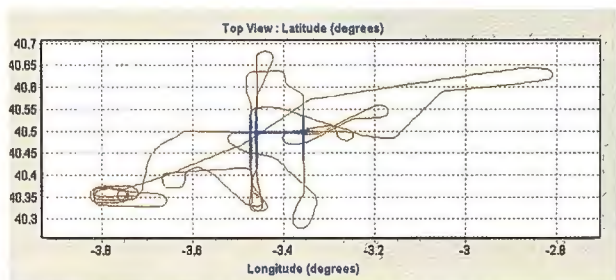


Vuelo de calibración en configuración AHS-ATM.

Pasadas	Altas				Bajas		
Sensores	AHS – ATM (Daedalus 1268)						
Velocidad de barrido	25 Hz (AHS)				35 Hz (AHS)		
Altura	1373 m				981 m		
Resolución	2.46 m				3.44 m		
Longitud	14.0 km				10.0 km		
Ancho	2746 m				1982 m		
Nombre	P1A	P2A	P3A	P4A	P5B	P6B	P7B
Dirección	E-W	N-S	N-S	S-N	S-N	N-S	E-W

### 3.2 Cálculo de la trayectoria

Se ha empleado el software POSPAC [14] para el cálculo y proceso de los datos registrados por el sistema inercial, y se ha calculado la trayectoria resolviendo un posicionamiento diferencial cinemático en modo bifrecuencia L1/L2.



Trayectoria y datos-eventos con correspondencia en imagen (azul).

Para ello se han empleado los datos registrados a 1 sg por un receptor situado en uno de los vértices de la red del INTA, la estación GPS de referencia de la EUITTO [15] y la de la Diputación Foral de Guipúzcoa [26]. Se ha obtenido una desviación estándar en posición entre 0.00 y 0.10 m en el 80.4 % y 73.8 % de las trayectorias calculadas con las dos primeras estaciones de referencia, respectivamente. Para el caso de la estación de referencia situada en Donostia, el 97.3% de la trayectoria se encuentra entre una desviación estándar en posición de 0.30 y 1.00 m, dato que concuerda sustancialmente con otros estudios en los que se manifiesta la influencia esperada de la ionosfera en la resolución de ambigüedades de fase para distancias mayores a 50 km de la estación de referencia [12].

Finalmente se ha calculado una trayectoria con los datos combinados de las estaciones de referencia, con una esti-

mación del error inferior al 0.10 m para el 67.1 % del conjunto del vuelo. Cabe llamar la atención del error obtenido entre 1.00 y 5.00 m para el 1.9 % de la trayectoria, dato fuera de especificaciones, que se ha mantenido en los distintos cálculos efectuados para las tres estaciones de referencia. Este porcentaje se corresponde con el último eje de vuelo realizado, y se observa su repercusión en la calibración de boresight obtenida para este caso.

Los datos de la IMU no han presentado ninguna anomalía apreciable, y se han procesado conjuntamente con la posición obtenida para generar así datos de orientación externa para cada línea de imagen, aplicando una transformación de 7 parámetros de WGS84 a ED50 en proyección cartográfica UTM calculada por el IGN (Instituto Geográfico Nacional) [16] y una corrección de alturas elipsoidales al Geoide igualmente facilitadas por este organismo.

### 3.3 Alineamiento de la IMU respecto del sensor AHS

Previo al trabajo que se presenta, diversos autores han expuesto los resultados obtenidos para el alineamiento de boresight en escáneres lineales [6][7][10]. Esta tarea resulta especialmente compleja en este tipo de sensores, ya que su geometría de adquisición menos rígida en comparación con cámaras matriciales y la redundancia estadística necesaria en cada pasada, dificulta el cálculo de parámetros de orientación externa para cada línea de imagen adquirida. Por este motivo, la aplicación de correlación automática de imagen en aerotriangulación se presenta como un método que permite obtener resultados satisfactorios en estos casos [2].

La calibración de boresight consiste en determinar la matriz de orientación del marco de referencia imagen respecto al marco de referencia de la IMU, en base a tres ángulos en la misma secuencia de giros de ésta. Se han utilizado dos conjuntos de imágenes del global del vuelo, uno para altura de vuelo de 981 m y otro para 1383 m. Se han seleccionado dos ejes de vuelo para cada grupo, este-oeste y norte-sur para las pasadas bajas, y este-oeste y sur-norte para las pasadas altas.

El software empleado ha sido el módulo OrthoEngine [18] dentro del paquete de tratamiento de imágenes Geomática (anteriormente PCI) y el módulo de calibración POSCal, incluido en el programa de proceso de datos inerciales POSPAC ya mencionado.

La medida de coordenadas imagen está afectada de errores debidos a dos distorsiones geométricas que no han sido consideradas, ya que las imágenes en esta fase han sido tratadas según se adquirieron en vuelo: distorsión debida a variaciones de velocidad de escaneo y distorsión tangencial por barrido.

La metodología empleada ha consistido en el cálculo de la orientación externa en intervalos de 35 Hz y 25 Hz, respectivamente para ambos grupos, a partir de puntos homólogos y de control dispuestos en el 80 % del ancho (cross-track) de las imágenes, considerando como centro el píxel mitad de línea. Se han mantenido como parámetros fijos en el ajuste la posición de los centros perspectivos medidos en el vuelo por el sistema POS/AV 410.

Conjuntamente al control aéreo se han empleado 135 puntos de control terreno (GCP's) para las imágenes a 35 Hz y 126 GPS's para las imágenes a 25 Hz. El error medio



cuadrático de los puntos de control en el ajuste de las pasadas bajas ha sido de 4.09 píxeles cross-track y 0.56 píxeles along-track. En el caso de las pasadas altas, el RMS en el ajuste obtenido ha sido de 3.31 píxeles cross-track y 0.54 píxeles along-track. El mayor error medio cuadrático obtenido en dirección perpendicular al vuelo es consecuencia principalmente, del efecto de la distorsión panorámica, más apreciable en los extremos de las imágenes.

Sensor AHS	Abril de 2004		
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>K</sub>
Alineamiento de boresight (min. arc.)	4.937	235.553	8.007
Lever arm IMU-AHS (X,Y,Z)	-0.2961 m	0.2309 m	-0.2717 m
Lever arm GPS-AHS (X,Y,Z)	-0.1998 m	-0.0056 m	-2.253 m

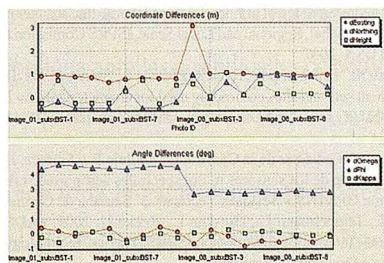
El alineamiento de boresight se ha determinado para el bloque global de imágenes empleadas, si bien se ha obtenido también para las pasadas independientes con el fin de calcular las diferencias con los valores adoptados como verdaderos.

### 3.4 Análisis de resultados

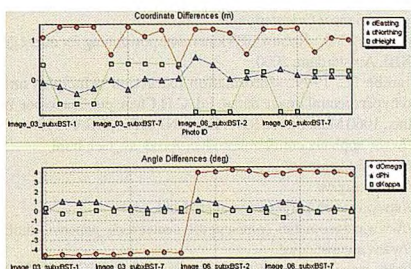
Las diferencias de posición obtenidas responden a la precisión de la transformación de coordenadas aplicada. Se observa cómo la mayor desviación estándar se obtiene en la última pasada del vuelo (P7B), hecho que concuerda con la peor solución calculada de la trayectoria inicial.

Los residuos de la IMU han cumplido las especificaciones de Applanix para el sistema POS/AV 410, por lo que la precisión de la unidad de medida inercial no resulta significativa para la orientación del AHS. En este sentido no se ha apreciado ninguna anomalía respecto de lo esperado para el sistema.

La orientación del AHS viene determinada en gran medida por la matriz de alineamiento calculada en la calibración de boresight. Se ha obtenido una elevada desviación estándar en este cálculo, máxima de 5.7 minutos de arco para el ángulo  $\Phi$ . Este resultado es debido fundamentalmente a dos factores. Por un lado, se ha producido una falta de sincronización del sistema POSAV 410 con el AHS estimada en  $\pm 0.24$  sg. Por otro, la no consideración de distorsiones geométricas internas del sensor ha provocado un déficit en la medida de las coordenadas imagen. Estos errores han sido transmitidos desde la determinación de la orientación externa para cada línea de imagen hasta la georreferenciación directa de las mismas.



Diferencias en posición y actitud para las pasadas altas (izquierda) y bajas (derecha).



Pasada	P1A (Alta E-W)					
	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta Z$ (m)	$\delta\omega$ (°)	$\delta\phi$ (°)	$\delta\kappa$ (°)
Diferencias Medias	0.819	-0.306	0.104	0.10054	4.51229	-0.22413
Desviación estándar	0.091	0.276	0.430	0.28011	0.09335	0.24215
Pasada	P3A (Alta N-S)					
	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta Z$ (m)	$\delta\omega$ (°)	$\delta\phi$ (°)	$\delta\kappa$ (°)
Diferencias Medias	1.073	-0.112	0.057	-4.48777	0.42797	-0.04367
Desviación estándar	0.342	0.125	0.473	0.09095	0.36549	0.20217
Pasada	P6B (Baja S-N)					
	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta Z$ (m)	$\delta\omega$ (°)	$\delta\phi$ (°)	$\delta\kappa$ (°)
Diferencias Medias	1.083	0.170	-0.309	3.88849	0.42091	-0.21402
Desviación estándar	0.238	0.167	0.507	0.16535	0.38972	0.21493
Pasada	P7B (Baja E-W)					
	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta Z$ (m)	$\delta$ (°)	$\delta\phi$ (°)	$\delta\kappa$ (°)
Diferencias Medias	1.209	0.649	0.328	-0.40151	2.78257	-0.00995
Desviación estándar	0.663	0.365	0.328	0.32686	0.06160	0.15836

Diferencias para las pasadas que han intervenido en la calibración.

Un resultado significativo ha sido el grado de magnitud del alineamiento ( $3.9^\circ$ ) obtenido para el ángulo  $\Phi$ , cuya correlación con las direcciones de vuelo es manifiesta, así como la de  $\omega$ .

Los resultados obtenidos en ( son consistentes con el montaje rígido de la IMU (Figura 1) en el interior de la carcasa del AHS, lo que hace considerar a ésta como una instalación adecuada.

### 4. Georreferenciación directa de imágenes AHS

Para la georreferenciación directa de imágenes se ha empleado el software de corrección paramétrica PARGE, de ReSe Applications Schlöpfer [17]. Se trata de un programa específico para barredores lineales que incorpora distintos modelos internos de geometría de adquisición. Requiere la posición y actitud medida para cada línea de imagen, modelizar el sensor mediante el FOV-IFOV y configuración de adquisición, y un modelo de elevaciones.

Se han calculado los parámetros de orientación externa cada 0.04 sg en las pasadas altas y 0.028 sg en las pasadas bajas, calibrados de boresight y ajustadas las posiciones de la IMU y de la antena GPS respecto al centro perspectivo del AHS, y se han aplicado ya sin la intervención de ninguna fuente de control.



Imágenes AHS ortorectificadas sin GCP's. P1A (superior) y detalles (inferior).

El modelo digital del terreno utilizado para ambas alturas de vuelo ha sido de paso de malla de 2.4 m y precisión en altura de 0.5 m.

El análisis de la exactitud alcanzada en la ortorectificación de las imágenes se está abordando en estos momentos, si bien los defectos en la sincronización principalmente, no hacen presumir que ésta se encuentre por debajo de 1 píxel de desviación absoluta. Se ha detectado la causa de este desfase, relacionado con la generación electrónica de eventos y la configuración de barrido del AHS, y se ha corregido.



do su influencia en posteriores proyectos de vuelo al que se presenta.

## 5. Aplicaciones hiperespectrales

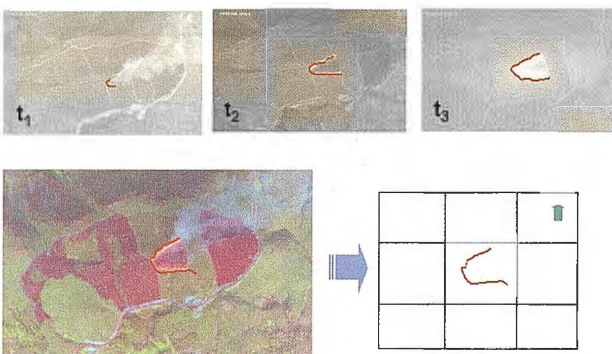
El AHS como sensor hiperespectral está diseñado para abordar proyectos habituales de teledetección. Su configuración espectral, junto con las resoluciones espaciales que permite obtenerse de su integración en la plataforma aérea del INTA, lo hacen especialmente aplicable en geología, hidrografía, edafología, agricultura de precisión, bosques, caracterización de superficies urbanas, etc, en general en aplicaciones medioambientales en las que se requiera un análisis hiperespectral de datos precisos.

### 5.1 Cartografía en tiempo real

En este apartado se esboza escuetamente el desarrollo de la empresa Imaging Group ArgonST [19] para poner operativo un sistema de cartografía en tiempo real a partir de datos hiperespectrales, de especial interés en situaciones de riesgo o catástrofes medioambientales.

El concepto de cartografía en tiempo real (real time mapping) consiste en permitir la transmisión vía radio o satélite de la información temática extraída de imágenes hiperespectrales, en cortos períodos de tiempo después de su adquisición.

La primera cuestión que hay que resolver es el problema de la reducción de la dimensionalidad. Los sensores hiperespectrales incrementan potencialmente la información necesaria para establecer con mayor precisión la separabilidad de materiales presentes en o bajo superficie. Pero esta mayor potencialidad de la dimensión de los datos tiene que estar acorde con un mayor número de parámetros que caractericen los materiales, lo que se conoce como Efecto Hughes, y esto muchas veces no va aparejado. Para superar esta dificultad, las investigaciones se han centrado principalmente en tres vías [13]: mejorar la extracción o selección de rasgos para así reducir la dimensionalidad de los datos, regularización de la matriz de covarianza de las muestras y estructuración de una matriz de covarianzas verdadera descrita por un número pequeño de parámetros.



Concepto de cartografía en tiempo real.

Otra tarea que tiene que estar resuelta desde el momento mismo de la adquisición de los datos es la georreferenciación directa, no de las imágenes sino de la información extraída, habitualmente en formato vectorial para disponer un volumen adecuado de información a ser transmitido. La precisión en la georreferenciación podrá mejorarse en post-proceso, si bien esta cuestión no será relevante en las situaciones para las que esta técnica es de especial aplicación.

## 6. Conclusiones

La calibración de la IMU respecto del sistema de referencia espacial del AHS resulta crítica en la orientación directa a partir de datos de un sistema inercial GPS/IMU. La georreferenciación directa de las imágenes que se deduce de este tipo de orientación es muy dependiente de la calibración, resultando precisa en un nivel suficiente para la mayoría de las aplicaciones de teledetección aeroportada, si bien es necesario controlar y minimizar todas las fuentes de error. En este sentido, se ha podido comprobar cómo la caracterización interna del sensor, con especial peso de la sincronización con el sistema inercial, resulta crítica para poder alcanzar niveles de precisión adecuados.

La condición necesaria de automatizar los procesos de adquisición y análisis de datos en aplicaciones de prospección a partir de imágenes, requiere inevitablemente de una orientación directa a partir de parámetros externos que permitan detectar y proyectar el elemento de interés o «tema» en mapas. La orientación directa unida a la potencia de los datos hiperespectrales, hacen del escáner aeroportado AHS un instrumento idóneo para el análisis de problemáticas medioambientales.

### Agradecimientos

Agradecemos sinceramente a la Escuela de Ingeniería Técnica Topográfica (EUITTO) de la UPM y a la Diputación Foral de Guipúzcoa por la utilización de los datos de sus estaciones de referencia GPS.

Igualmente agradecemos al Instituto Geográfico Nacional (IGN), por los parámetros de transformación de Datum que nos han sido facilitados.

### Referencias

- [1]. Colomina I., 2001. «Modern sensor orientation technologies and procedures» Proceedings of the OEEPE Workshop «Integrated Sensor Orientation».
- [2]. Cramer, M., 2003. «Integrated GPS/inertial and digital aerial triangulation - recent test results». D. Fritsch, ed., 'Photogrammetric Week '03, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 161-172, 2003.
- [3]. Heipke, C., Jacobsen, K., Wegmann, H., 2001 «The OEEPE Test on Integrated Sensor Orientation - Results of Phase I» Fritsch/Sp (Eds.). Photogrammetric Week. Wichmann Verlag, pp: 195-204.
- [4]. Jacobsen Karsten., 2002 «Calibration aspects in direct georeferencing of frame imagery» Integrated Remote Sensing at the Global, Regional and Local Scale, ISPRS Commission I, 10-15 November 2002, Denver, CO USA.
- [5]. Kraus, Karl., 1997. «Photogrammetry. Volume 1. Fundamentals and Standard Processes». Edit. Dummler/Bonn, 6th Edition.
- [6]. Alamás, R., Baron, A. and Talaya, J., 2001. «Integrated sensor orientation at ICC, mathematical models and experiences». Proceedings of OEEPE workshop «Integrated sensor orientation», OEEPE Official publication No. 43(OEEPE, 2002), pp. 153-162.
- [7]. Müller R., Lehner M., Müller R., Reinartz P., Schroeder M., and Vollmer B. «A program for direct georeferencing of airborne and spaceborne line scanner images» Integrated Remote Sensing at the Global, Regional and Local Scale, ISPRS Commission I, 10-15 November 2002, Denver, CO USA. 2002
- [8]. Pagnutti M., Holecamp K., Ryan R, Blonski S., Sellers R, Davis B. and Zanon V., 2002. «Measurement sets and sites commonly used for characterization» Integrated Remote Sensing at the Global, Regional and Local Scale, ISPRS Commission I, 10-15 November 2002, Denver, CO USA.
- [9]. Rejas, J. G., Gutiérrez de la Cámara, O., Callejo P. y Gómez, J. A., 2003. «Experiencias en la integración de los sensores multispectrales aeroportados AMDC y Daedalus 1268 con un sistema GPS/INS.» Sesiones Técnicas, 5ª Semana de Geomática. Barcelona.
- [10]. Saks T., Tempelmann U., Hinsken L., Recke U. 2003. «ADS40 Calibration & Verification Process» International Workshop ISPRS, Theory, Technology And Realities Of Inertial / GPS Sensor Orientation. Barcelona.
- [11]. Schmitz, M., Wübbena, G, Bagge, A., Kruck, E., 2001. «Benefit of Rigorous Modeling of GPS in Combined AT/GPS/IMU-Bundle Block Adjustment», Proceedings of the OEEPE Workshop «Integrated Sensor Orientation».
- [12]. Talaya Julià, 2000. «Robust GPS kinematic positioning for direct georeferencing». ISPRS, vol. XXXIII, Amsterdam, 2000.
- [13]. Landgrebe D., 1999. «Information extraction principles and methods for multispectral and hyperspectral image data». Ed. C.H.Chen, publicado por World Scientific Publishing Co., Inc., 1060 Main Street, River Edge, NJ 07661, USA 1999.
- [14]. [http://www.applanix.com/html/products/prod\\_av\\_tech.html](http://www.applanix.com/html/products/prod_av_tech.html)
- [15]. <http://gps.euitto.upm.es/>
- [16]. <http://www.cnig.es/>
- [17]. [http://www.rese.ch/parge/parge\\_meth.html](http://www.rese.ch/parge/parge_meth.html)
- [18]. [http://www.pcigeomatics.com/support\\_center/tech\\_papers/OrthoEngine.pdf](http://www.pcigeomatics.com/support_center/tech_papers/OrthoEngine.pdf)
- [19]. <http://www.argonst.com/>
- [20]. [http://b5m.gipuzkoa.net/GPS/cons\\_gps.htm](http://b5m.gipuzkoa.net/GPS/cons_gps.htm)



Damos valor a las soluciones GIS



## Sobre el terreno es donde mejor nos desenvolvemos

Los Servicios y Tecnologías que ofrece el Grupo AZERTIA abarcan todas las actividades inherentes al desarrollo de soluciones para la Gestión del Territorio, desde su concepción hasta la implantación, puesta en marcha, mantenimiento y desarrollo evolutivo.

La amplia gama de Soluciones y Productos Propios junto con el conocimiento en los productos GIS más difundidos del mercado por parte de nuestros técnicos, proporciona amplias posibilidades de actividad en el campo del desarrollo e implantación de Aplicaciones o Sistemas GIS.

Grupo AZERTIA ofrece toda la gama completa de Servicios en un Proyecto GIS, desde la Auditoría y Consultoría, Integración y Administración de Sistemas, hasta la Captura de Datos/Outsourcing.

- Gestión Integral de todo tipo de Información Geográfica.
- Gestión Catastral en Entornos Municipales.
- Gestión Cartográfica.
- Gestión y Localización de Flotas.
- Aplicación de Cálculo y Determinación de Coberturas Radioeléctricas.
- Aplicación de Cálculo de la Expansión y Combate de Incendios Forestales, Prevención y Optimización de Recursos de Combate.
- Aplicación de Gestión de Planes de Vigilancia Preventiva y Optimización de los Recursos Forestales y Medioambientales mediante comunicación vía satélite.

**SEINTEX**

[www.seintex.com](http://www.seintex.com)



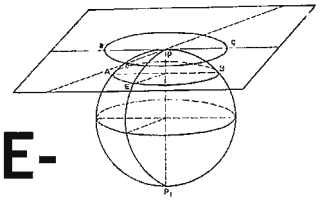
GRUPO

**AZERTIA**

[www.azertia.com](http://www.azertia.com)



# UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS LÁSER ESCÁNER Y DE FOTOGRAMETRÍA TERRESTRE PARA EL ESTUDIO DE DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS. EL CASO DE LA ZONA DE MÁS RIESGO DEL TREN CREMALLERA DE NÚRIA.



PONENCIA IMPARTIDA EN LA 6ª SEMANA GEOMÁTICA

Jordi Martínez Morales. SERFOCAR S.C.C.L - Barcelona

Felipe Buill Pozuelo, Joan Bartoll Navas. EPSEB (UPC) Laboratorio de Cartografía y Fotogrametría - Barcelona

*Palabras clave: Láser Escáner, Fotogrametría Terrestre, Desprendimientos, Vall de Núria.*

## **Resumen**

*La utilización del láser escáner ILRIS-3D de la casa OPTECH y técnicas de fotogrametría terrestre, utilizando el software SOCET SET de la casa BAE SYSTEMS, permiten obtener el documento básico para realizar simulaciones con programas de caída de rocas, este documento es un Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Como mejor definida esté la superficie de estudio, más fiables serán los resultados obtenidos en las simulaciones.*

*La imposibilidad de obtener un modelo continuo de toda una superficie implica la discretización de parte de la información. Los instrumentos de captura masiva de puntos permiten obtener modelos muy completos. Con las técnicas de fotogrametría terrestre además del MDE, se generan otros documentos útiles para el estudio y control de zonas potencialmente inestables, donde puedan tener lugar desprendimientos.*

*Debido a las características del terreno y la gran superficie a radiar era necesario la utilización de un instrumental que permitiera trabajar a distancias entre 200 y 900 metros, reduciendo al máximo el tiempo de trabajo de campo.*

*El difícil acceso a la zona donde predominan los escarpes prácticamente verticales y zonas de tarteras limita en cierto modo los trabajos.*

## **1. Introducción**

En septiembre del 2002 se realizan los primeros contactos con profesores de la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona (UB), primero con Jaume Calvet y posteriormente con J.M Vilaplana del departamento de Geodinámica y Geofísica. En estos momentos se estaban realizando una tesis doctoral ("Rendón, A. Evaluación de la peligrosidad y del riesgo geológico en zonas de montaña amenazadas por aludes y desprendimientos.

Memoria del Diploma de Estudios Avanzados Programa de Doctorado de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona, 2002") y una Tesina ("Abellán, A. Utilización y validación de un modelo de simulación en 3D", presentada el noviembre del 2003). Los dos trabajos están enfocados en el campo de los riesgos geológicos, en concreto en el estudio de los procesos de laderas que tienen lugar a lo largo del recorrido del tren cremallera en Vall de Núria. La finalidad de este proyecto

es generar aquellos documentos topográficos, con una aplicación directa en el estudio y/o solución de un problema relacionado con los riesgos geológicos, en este caso con la inestabilidad de taludes (desprendimientos), que tienen lugar en uno de los tramos más conflictivos del recorrido del tren cremallera en el Vall de Núria.

La principal novedad de este proyecto es la utilización de un láser escáner de la casa OPTECH (modelo ILRIS-3D) para la obtención del modelo digital de elevaciones (MDE).



Láser escáner ILRIS-3D

La imposibilidad de obtener un modelo continuo de toda una superficie implica la discretización de parte de la información. Los instrumentos de captura masiva de puntos permite obtener modelos muy completos, independientemente de los criterios del operador.

El láser escáner es un sistema de medida y barrido, el cual no necesita un contacto directo con el modelo. Además de ángulos y distancias el láser escáner también obtiene el valor de reflectancia (factor de reflexión) de la superficie donde incide.

El trabajo en postproceso con el software Polyworks permite sumar modelos (diferentes nubes de puntos), refinamiento y tratamiento de la información espacial, modelado y salida gráfica o información alfanumérica.

Como veremos más adelante, esta nueva herramienta de trabajo permite obtener una gran cantidad de información, con una alta precisión relativa, de forma rápida, reduciendo así el trabajo de tiempo en campo. También destacamos los trabajos de fotogrametría terrestre que se han realizado, los cuales podrían considerarse extremos, ya que trabajamos con presas convergentes, picadas (giros superiores a los 20g), sin conocer las coordenadas de los centros de proyección. Se utilizará el software SOCET SET de la casa BAE SYSTEMS.

Los dos métodos propuestos para la obtención del MDE, láser escáner y fotogrametría terrestre, garantizan una mejor definición de la superficie para los estudios en simulaciones. Hasta la fecha, para las simulaciones en caída de rocas, se utilizaba la topografía extraída de la cartografía 1:5000. Las simulaciones hechas con estos datos nos dan una idea general de las principales trayectorias que siguen las rocas durante la caída. Pero cuando se quiere realizar un estudio más detallado en una zona más local, el MDE obtenido con la cartografía 1:5000 puede ser insuficiente para los resultados que se buscan, es necesario trabajar con un MDE más detallado, con más información (siempre habrá una discretización de la superficie real). Dentro del campo de los riesgos geológicos, el poder simular el comportamiento de un desprendimiento, deslizamiento o cualquier otro fenómeno permite evaluar y estudiar medidas protectoras para minimizar sus efectos sobre personas y/o infraestructuras.

Los estudios de simulaciones en caída de rocas permite calibrar unos modelos con los que se podrá predecir el comportamiento en futuros desprendimientos. En estos estudios intervienen diferentes parámetros, algunos de ellos obtenidos en trabajo de campo y otros en laboratorio. Una buena definición de la superficie de donde se realiza la simulación dará unos resultados más fiables, ya que una pequeña variación en la base topográfica puede modificar la trayectoria de la roca durante la caída.

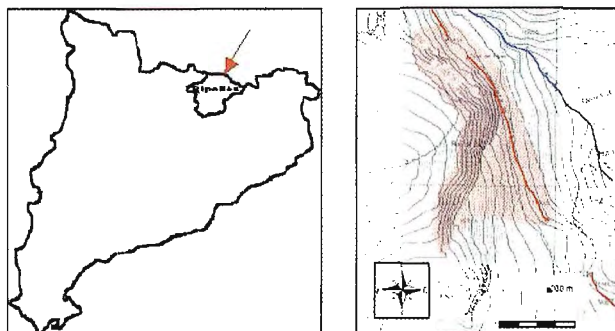
En el caso de la información obtenida con el láser obtenemos una precisión relativa del orden de milímetros, mientras que en fotogrametría terrestre las precisiones son del orden centimétrico.

El 30 de Junio del 2003 se realiza la salida de campo con uno de los técnicos de la empresa METRONIC (Eibar).

Hasta ahora las demostraciones que habían hecho se pueden considerar en condiciones más o menos ideales, fácil acceso a la zona de estudio, disponer del tiempo necesario para efectuar los escaneos que permitan cubrir toda la superficie de estudio y una de las más importantes, comprobar in situ si la captura de datos es correcta.

## 2. Localización de la zona de estudio

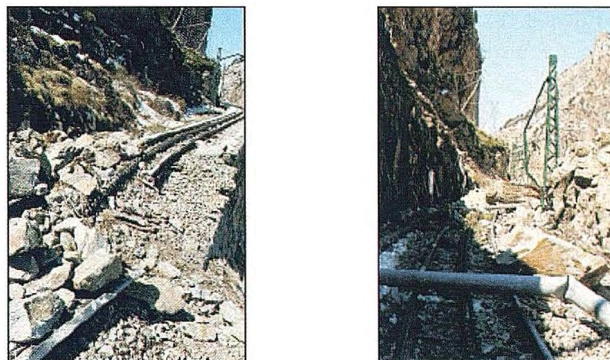
Al Norte de Catalunya, en la demarcación de Girona, situada al Noroeste de la Comarca del Ripollès, encontramos el termino municipal de Queralbs, al cual pertenece la estación de montaña Vall de Núria y la línea del tren cremallera.



Localización de la zona de estudio.

La estación de Vall de Núria es visitada anualmente por más de doscientas cincuenta mil personas al año, y el único medio de transporte que accede directamente es el tren cremallera (helicóptero para trabajos puntuales). Los tra-

bajos topográficos se concentran en uno de los tramos más conflictivos de todo el recorrido del tren cremallera, al Sur limitada por el túnel de Navarro (pk 8,5) y por el Norte el túnel del Fenech (pk 9,1). El levantamiento abarca aproximadamente una superficie de unos 92.000 m<sup>2</sup> (pared, zona de tartera, tramo del tren cremallera y vertiente hasta el camino que va hacia la estación de Vall de Núria). Esta zona se caracteriza por presentara unas paredes casi verticales, entre 70 y 80 grados.



Desperfectos sobre la vía originados por los desprendimientos del 4 de Abril del 2003.

De todos los desprendimientos que han afectado a la vía del tren cremallera los últimos años, los de mayor volumen y frecuencia se localizan entre los túneles de Navarro y Fenech. Esta zona es la de mayor prioridad en la actuación de la vía del tren cremallera. Todo y las medidas de protección el 4 de Abril del 2003, tuvo lugar un desprendimiento que afecto a la vía del tren cremallera, dejando incomunicadas a más de cien personas durante tres días en la estación de montaña. Este acontecimiento tuvo cierto impacto social y por suerte solo quedo en un susto para las personas que se encontraban en la estación de montaña. Las medidas protectoras (pantallas dinámicas) situadas en el lugar donde se produjo el desprendimiento quedaron destruidas al ser mayor la energía de impacto de las rocas que la energía esperada en la fase de cálculo con las que se diseñaron las pantallas.

## Un desprendimiento de rocas aísla en Núria a 100 escolares

GERARD BAGUÉ Girona Un desprendimiento de rocas mantiene cortada desde ayer a primera hora de la mañana la línea ferroviaria del tren cremallera de Núria (Ripollès), la única vía de acceso por tierra a las instalaciones del complejo Vall de Núria. Puentes de Ferrocarrils de la Generalitat, que gestionan la línea, informaron ayer que la reparación podría prolongarse durante varios días. En el complejo, con un hotel y un albergue

gestionados por la Generalitat, se encuentran alojados un centenar de clientes, la mayoría escolares.

El hotel ha ofrecido a los clientes que tenían previsto abandonar las instalaciones durante estos días la posibilidad de prolongar su estancia o, en algún caso extremo, el desplazamiento en helicóptero. Un total de 20 personas, todas clientes del hotel, optaron ayer por el trayecto en helicóptero. PASA A LA PÁGINA 7

Recorte de periódico donde se muestra la repercusión social que tuvo el desprendimiento. [1]

## 3. Trabajos con el láser escáner

La utilización del equipo láser escáner ILLRIS-3D, de la casa OPTTECH, permite trabajar de una manera rápida y precisa (precisión relativa) en la captura masiva de puntos. La novedad del equipo, durante la elaboración del proyecto,



hizo que no se pudieran aprovechar todas las posibilidades de las cuales dispone.

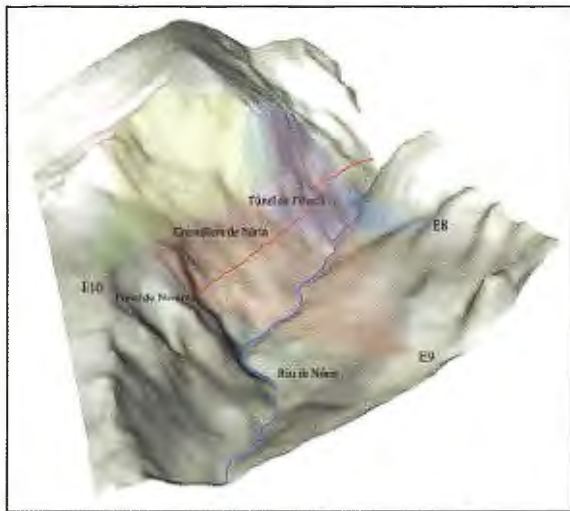
El láser escáner ILRIS-3D, es un equipo portátil, con un peso aproximado de unos 10 kilos (láser escáner, trípode y baterías). Con una PDA nos podemos conectar al equipo y configurar el archivo donde se definen las características del escaneo que se quiere realizar. El láser escáner presenta un pantalla LCD donde se puede visualizar la superficie a escanear. Aproximadamente el equipo puede capturar unos 2000 puntos por segundo. El tipo de láser utilizado es de la clase I, infrarrojo no visible, esto garantiza la seguridad del operador y de las personas que se encuentren por la zona. La precisión para distancias de 100 metros es de 3 milímetros y presenta una distancia máxima de radiación de 1500 metros (datos facilitados por el fabricante).

Los archivos generados presentan una estructura: X, Y, Z, y el valor de reflectancia de la superficie donde el rayo incide.

El 30 de Junio del 2003 se realiza la salida a campo con uno de los técnicos de la empresa METRONIC (Eibar).

Hasta ahora las colaboraciones que han realizado son en condiciones más o menos ideales, fácil acceso a la zona, disponer del tiempo necesario para realizar todos los escaneos desde diferentes estaciones. En este proyecto el trabajo de campo presentaba unas limitaciones; de tiempo, ya que solo se disponía de una jornada de trabajo; zonas de difícil acceso y la distancia entre bases, cargando con todo el equipo (trípode, láser escáner, baterías, cámaras...).

Para cubrir el levantamiento de toda la zona se realizan un mínimo de tres estacionamientos. En la Figura 5 se observan las zonas cubiertas desde cada una de las estaciones.



Representación 3D, donde se aprecia la zona cubierta desde cada una de las estaciones.

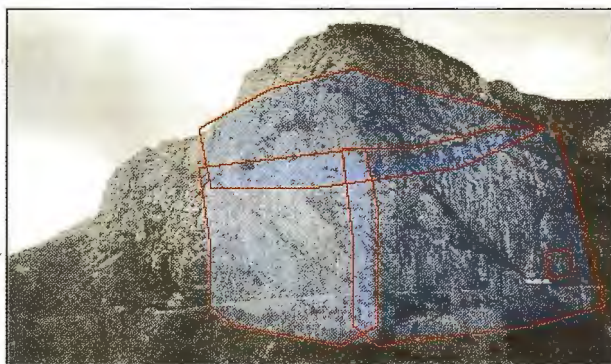
La utilización del láser escáner es muy sencilla, similar a trabajar con una estación total, con la diferencia de que el barrido es automático con un mismo ancho de malla. Una vez estacionados (no es necesario nivelar ni orientar) y conectado el equipo, vemos en la pantalla del láser escáner toda la superficie que se puede radiar desde la posición. Podemos hacer un zoom sobre una zona en concreto. Inicialmente se hace una primera lectura sobre la superficie a radiar, aparece en pantalla la distancia máxima y mínima a la cual nos encontramos de la superficie.



Imagen del láser escáner, con la PDA, que permite conectar con el equipo y modificar los parámetros.

Seguidamente aparece un menú donde se escoge entre diferentes anchos de malla; al lado de cada espaciado se indica el tiempo aproximado que tardará en escanear toda la superficie previamente definida. En cada uno de los estacionamientos con el láser escáner, las coordenadas origen son 0,0,0. Si no se utiliza plataforma niveladora el eje Z no se encuentra en posición vertical. Para poder fusionar, posteriormente, diferentes nubes de puntos, es necesario que estas presenten zonas comunes.

En la Figura 7 se presenta como ejemplo los escaneos realizados desde la estación E8.



En la siguiente tabla 1 se presenta los resultados obtenidos de todos los escaneos realizados desde las diferentes estaciones para cubrir toda la superficie de la pared.

Estación	Ancho de malla (m)	Tiempo (min)	nº de puntos	Dist. Mín. (m)	Dist. Máx. (m)
E8 - Z.Izq.	0.15	15			
E8 - Z.Der.	0.13	05			
E8 - Z.Sup.	0.20	15			
E8 - Detalle	0.06	1	2.315.408	200	450
E9 - Z.Izq.	0.20	15			
E9 - Z.Der.	0.20	15	506.137	200	870
E10 - Z.Sup.	0.10	15			
E10 - Z.Inf.	0.12	7	871.005	180	450

Los datos que aparecen en rojo corresponden a aquellos escaneos defectuosos. Para comprobar que el escaneo se realizaba de forma correcta se miraba como se iba reduciendo el espacio en la tarjeta de memoria. Esta comprobación no es suficiente, ya que en los escaneos defectuosos se producía una disminución en el espacio, pero no se pudo comprobar en campo si los datos eran correctos. Los escaneos defectuosos presentaban unos archivos ASCII donde todos los puntos tenían coordenadas 0,0,0. Por este motivo creemos que es indispensable llevar a campo un ordenador portátil para comprobar in situ si los datos capturados son correctos. Estos escaneos defectuosos eran





## Presentamos MicroStation V8

### Descúbralo

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

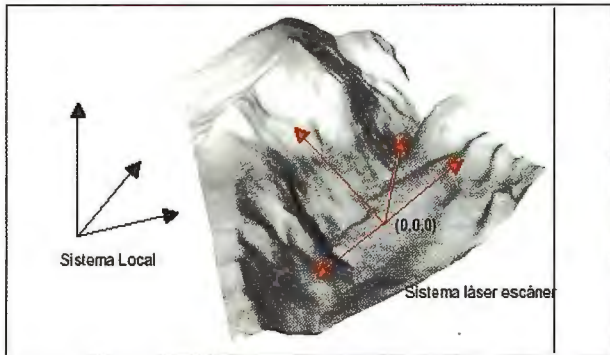


Para más información:  
Bentley Systems Ibérica, S.A.  
Centro Empresarial El Plantío  
C/ Ochandiano, 8  
28023 Madrid  
Tíno: 91.372.89.75  
Fax: 91.307. 62.85  
[www.bentley.es](http://www.bentley.es)

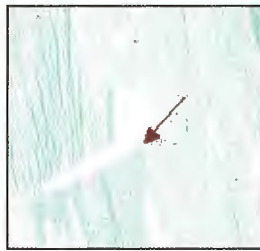
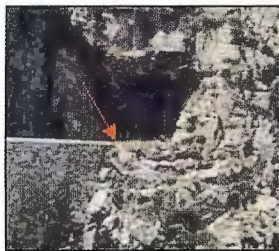


muy importante ya que en ellos se encontraban las zonas comunes para enlazarlos en la fase de post proceso. La distancia máxima de radiación se comprueba desde la estación E9. A partir de los 870 metros la señal no presenta retorno. La distancia máxima de radiación va directamente ligada con el valor de reflectancia de la superficie y el ángulo de incidencia.

Para georreferenciar las tres nubes de puntos al sistema local implantado en la zona (Figura 8), se identifican puntos de control. Estos puntos de control se sitúan en los extremos de la nube de puntos. Sería muy correcto utilizar puntos que aparezcan en varias nubes, en este caso no fue posible ya que la zona común no existe o es mínima.

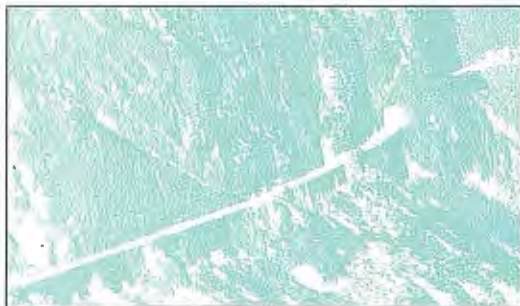


A continuación se presenta uno de los puntos de control identificado en campo y en la nube de puntos.



Para realizar la transformación se utiliza el software Autocad 2000, con la orden *align*. Primero volcamos la nube de puntos (archivo ASCII), identificamos tres puntos en el sistema original y posteriormente introducimos las coordenadas de los mismos puntos en el sistema local implantado.

En la Figura 10 se observa una imagen extraída de la nube de puntos obtenidos con el láser escáner. Al fondo se puede apreciar la entrada al túnel del Fenech.



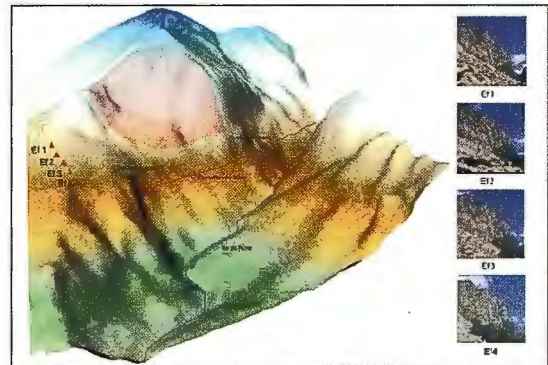
#### 4. Trabajos de fotogrametría terrestre

La toma fotográfica se realiza con una cámara semimétrica Rollei, es una cámara de formato medio para aplicaciones fotogramétricas. El formato de las diapositivas es de 6 x 6 cm. Y presenta un retículo de calibración de 11 x 11, con una malla de 5 mm.

Se utiliza un objetivo con una distancia focal de 80.150 mm. Los trabajos fotogramétricos se pueden dividir en dos partes:

- Obtención de un modelo para poder generar el MDE y otros productos, con la estación fotogramétrica digital.
- Aprovechar el MDE obtenido con el láser escáner y ortoproyectar las imágenes de la zona del túnel del Fenech, hechas con la cámara métrica.

Las primeras fotografías se hacen, aproximadamente desde la zona donde se estacionó con el láser escáner en E10. El modelo que conseguimos desde esta posición nos permite generar el MDE de la zona donde el láser escáner falló. Se realizan un total de 8 fotografías.



Localización de las bases desde donde se realizan las fotografías.

La toma fotográfica dista mucho del caso ideal en fotogrametría terrestre. Se fotografía una superficie no plana, presenta diferentes orientaciones y profundidades. La distancia media a la pared es de unos 300 metros. La base entre tomas es relativamente corta, entre 15 y 20 metros. Las diferentes tomas no se realizan al mismo nivel, de la primera toma a la última hay un desnivel de 10 metros. Como se puede apreciar en la figura 11, el recubrimiento es muy elevado (85%-90%). Todas las fotografías son convergentes y picadas hacia arriba.

Las características de la zona y el material del que se disponía han condicionado la toma fotográfica.

Inicialmente los trabajos de orientación se realizaron con el módulo de SOCET SET, MST (Mult-Sensor-Triangulation). Debido a las características del modelo resulta imposible la orientación sin introducir unos parámetros de orientación externa aproximados. Para obtener estos parámetros se utiliza un restituidor analítico universal Zeiss P-3. Posteriormente se depurará la orientación con el software ORIMA. Los parámetros de orientación externa obtenidos con el P-3 son los siguientes.

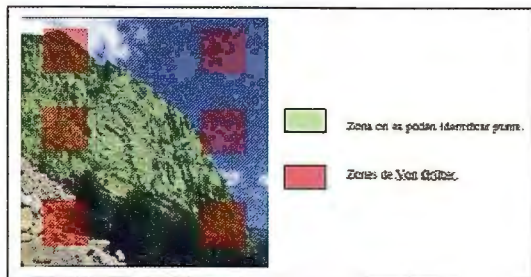
INCLINATIONS	LEFT PHOTO	RIGHT PHOTO
OMEGA [grd]	372.35900	372.75967
PHI [grd]	7.43790	6.56169
KAPPA [grd]	2.50412	297.30721
ROTATION SEQUENCE	OME, PHI, KAP	(Rotated Axis)

Parámetros de orientación exterior obtenidos con P-3.

Como se puede observar el giro Omega es muy elevado (27 g - 28g). La orientación de este modelo presentaba otro problema, ya que en tres de las zonas de Von Grüber no podemos dar ningún punto para la orientación (Figura 13).

Para continuar depurando la orientación exterior se trabaja con ORIMA (Orientation Management), un módulo de

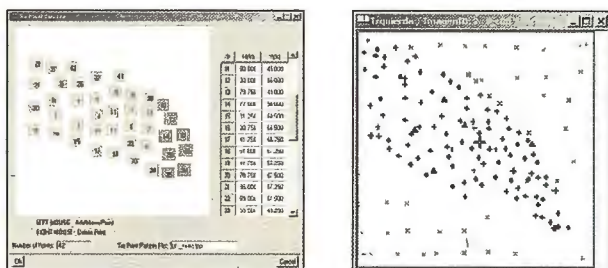




SOCET SET. Los patrones de búsqueda de puntos homólogos están pensados para identificar puntos en todo el modelo, concentrando los puntos en las zonas de Von Grüber. Como se comentó anteriormente los puntos que se pueden identificar se concentran en la parte central del modelo, ningún patrón de los existentes se adapta a este caso. Se prepara un patrón especial de búsqueda para puntos situados en la zona donde hay estereoscopía. Se miden un total de 94 puntos de relativa por toda la parte central del modelo (todos los puntos identificados de forma automática se revisan para comprobar que son correctos). Se utilizan un total de 8 puntos de control, 5 completos (altimetría y planimetría) y 3 altimétricos.

El error medio cuadrático (RMS) cometido en los puntos de control:

X: 0.1025 Y:0.0438 Z:0.0065 (m)

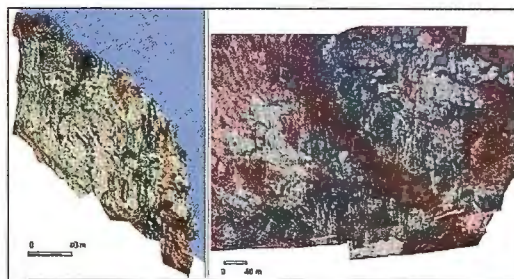


Patrón de búsqueda. Puntos medidos en la orientación relativa.

Una vez orientado el modelo ya se pueden generar los diferentes productos con la estación fotogramétrica digital:

- Orto imagen del modelo orientado (ortoproyectada con el MDE generado con el módulo de SOCET SET *Automatic Terrain Extraction* previamente editado Figura 15). Y la ortoproyección de la zona del Fenech (Utilizando el MDE obtenido a partir del láser escáner Figura 16) a escala 1:1.000 (en formato papel y digital).

•Imagen de anaglifos de modelo orientado. •Archivo \*.dgn con las principales estructuras digitalizadas.



## 5. Conclusiones

Trabajar con nuevas tecnologías permite evaluar los factores a favor y en contra que presentan. La experiencia de trabajar con el láser escáner se puede considerar como muy positiva, aprendiendo de los errores cometidos. La gran cantidad de datos obtenidos con el láser, es un inconveniente para trabajar con un ordenador convencional. El hecho de no disponer de un software específico para el tratamiento de los datos limita mucho el trabajo. La precisión relativa que se consigue es muy elevada y la gran cantidad de datos que puede capturar en un intervalo de tiempo muy pequeño, lo convierten en el aparato del futuro para realizar trabajos de topografía como levantamientos, controles de deformación... Actualmente su limitación es su elevado coste. De los trabajos de fotogrametría realizados hay que destacar la orientación del modelo propuesto. Es posible orientar un modelo en condiciones extremas (giros elevados, fotografías hechas a diferentes niveles). Los MDE obtenidos se utilizaron con éxito para la simulación de caída de rocas.

Parte de este trabajo se presentó en el "1st General Assembly of the European Geosciences Union, Nice 2004", en la sesión "Remote sensing and ground-based geophysical techniques for recognition, characterisation and monitoring of unstable slopes", dentro de la temática de "Natural Hazards". Algunos de estos trabajos de estas sesiones (incluido este) han sido seleccionados para una edición especial de la revista internacional "Engineering Geology", de la editorial Elsevier.

## Referencias

[1] Bagué, G. "Un desprendimiento aísla la Vall de Núria a más de 100 escolares" El País, 1ª página de la edición de Catalunya, 5 de Abril del 2003.

# DIRECCIONES DE INTERÉS

## AplicAD

Aplicaciones de CAD, CAM y GIS

[www.aplicad.com](http://www.aplicad.com)  
[gis@aplicad.com](mailto:gis@aplicad.com)

Valencia: Ronda Narciso Monturiol, 6 - Parque Tecnológico - Tel. 963134035  
Castellón: C/ M<sup>o</sup> Teresa González 26 Enllo. Tel. 964724870

## Autodesk

Authorized System Center

- Distribución, formación, soporte técnico y programación o medida sobre Autodesk Map y Autodesk MapGuide
- Aplicaciones Catastrales
- Dirección de Proyectos GIS



-Geoingeniería.

- Consultoría en Sistemas de Información.
- Soluciones SIG para la Administración.

E-mail: [gis@summa-eng.com](mailto:gis@summa-eng.com)

Passeig Pere III 19 08240 MANRESA Tel 93 872 42 00





GRUPO EMPRESARIAL



LÁSER, AGRICULTURA Y CONTROL DE MAQUINARIA



Isidoro Sánchez S.A.

SOLUCIONES TOPOGRÁFICAS



AGRICULTURA, GPS, FLOTAS, GIS



CONSTRUCCIÓN, EXCAVACIONES E INTERIORISMO

**agricultura**

**hidrografia**

**gis**



land Store 

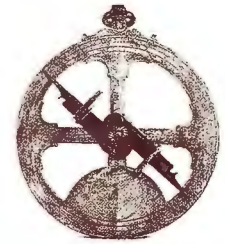
Servicio Técnico. land

Club. land

Soporte. land



# El sueño de una Tierra digital Tendencias europeas en Sistemas de Información Geográfica



Jaume Royo Llobet. Director Estrategia GIS de TAO-gedas  
Menno Schepel. Consultor GIS de TAO-gedas

## Sueños

A principios de 1998 el vicepresidente de los EEUU Al Gore, arropado por la comunidad científica de su país, acuñaba en una histórica conferencia el concepto de Tierra Digital. Las novedades presentadas recientemente en algunas de las grandes citas europeas de la geomática confirman que el sueño de una tierra digital está en camino de hacerse realidad.

## Realidades

Durante los últimos años, la energía dedicada por parte de las Administraciones Públicas al ámbito territorial se ha concentrado en obtener información cada vez más fidedigna, realizándose grandes inversiones en vuelos y en la generación de cartografía de calidad. El esfuerzo no ha sido en vano, y gran parte de las comunidades autónomas y municipios de más de 10.000 habitantes ya disponen de una base cartográfica actualizada, o están en proceso de obtenerla. Para los pequeños municipios, la solución más adecuada es recabar el apoyo de otros organismos supra-municipales como las diputaciones.



Este panorama halagüeño presenta sin embargo, tanto en nuestro país como en el resto de Europa, algunas lagunas. La primera de ellas es que la adquisición y/o realización de cartografía por parte de las administraciones públicas no va siempre acompañada de un plan de mantenimiento riguroso de la misma. Esto conduce a que muchas cartografías queden rápidamente obsoletas y desfasadas, perdiendo su utilidad. En segundo lugar, las informaciones referentes al territorio acostumbran a estar dispersas en múltiples colecciones de datos en una misma corporación, dificultando su consulta y utilización por los técnicos de la Administración, y por ende por parte de los ciudadan@s.

Finalmente, y aunque pocos discuten ya la importancia de la cartografía y de las herramientas SIG para las administraciones públicas, el porcentaje de aprovechamiento de los sistemas instalados es bajo y queda circunscrito a unidades de gestión internas muy concretas como urbanismo, catastro o medio ambiente. La información territorial sigue siendo un lujo para especialistas.

## Tendencias

Existen síntomas de cambio, y la geomática está convirtiéndose en uno de los ejes motores de la nueva administración electrónica. Los principales vectores de este cambio de tendencia serían a medio plazo los siguientes:

### El mapa se mantiene en origen

Si el valor añadido y la calidad de la información territorial dependen de su nivel de actualización, es necesario simplificar y reducir al máximo las fases en los circuitos de mantenimiento de la cartografía. Esto sólo puede conseguirse mediante un mantenimiento regular y dinámico allí donde se originan los cambios. Es pues necesario avanzar en dos direcciones, el mantenimiento distribuido y la actualización in-situ.

Los datos territoriales han de mantenerse allí donde se actualizan. No tiene sentido, por ejemplo, que un ayuntamiento traspase periódicamente a su base de datos las modificaciones de las redes de agua que realiza una ingeniería o empresa de servicios externa. En la actualidad, la tecnología permite la existencia de bases de datos cartográficas distribuidas, de forma a que no todos los datos se mantengan en el mismo lugar, permitiendo de este modo descentralizar el mantenimiento sin que por ello quede afectada la unicidad de los datos. Por lo tanto, cada corporación ha de delimitar con claridad quienes son los responsables internos o externos de mantener los distintos bloques de información territorial (cartografía de base, catastro, redes, mobiliario,...), asegurándose de que dicho mantenimiento cumple unos mínimos estándares de calidad.

El circuito puede acortarse aún más, gracias a la utilización de sistemas móviles para la actualización de datos sobre el terreno. Mediante estos dispositivos con GPS incorporado (PDA, teléfonos de nueva generación, ...), los inspectores y brigadas de mantenimiento pueden verificar en tiempo real la ubicación y validez de los datos disponibles (por ejemplo un contenedor, una zanja, el estado de una carretera, ...), y efectuar desde la calle cambios que actualizan directamente la base de datos. No es pues de extrañar que este tipo de soluciones móviles para trabajos de campo relacionados con el territorio (catastro, vía pública, 112,...) fueran los productos estrella en el salón Intergeo 2004 de Stuttgart.

## El mapa se democratiza

La información cartográfica ha pasado de ser un dato «encaustrado» en el disco duro de un especialista a ser accesible para todos. El uso de la información geográfica se ha multiplicado principalmente gracias a las nuevas tecnologías web, en concreto los servidores de mapas. Las eficiencias que conllevan los SIG para una administración crecen de forma exponencial si se combinan con servicios de mapas que hacen llegar la cartografía a todo tipo de usuarios, incluidos los ciudadan@s y las empresas. Paralelamente, existen múltiples causas que están ayudando a generalizar el uso de la cartografía en ámbitos no tradicionales. Por un lado, la disponibilidad de datos gratuitos va en aumento, con lo cual acceder al mínimo de cartografía necesaria para realizar una consulta o un análisis territorial ya es no privativo de unos pocos. Así por ejemplo, algunas Comunidades Autónomas como Navarra y Cataluña han publicado gratuitamente parte de su cartografía, poniéndola a disposición de organizaciones y del público en general. En segundo lugar, las iniciativas comerciales de publicar información territorial son cada vez más abundantes. Algunas son de pago (Google Keyhole), pero otras son gratuitas como por ejemplo el buscador por localización de Google o el visor de imágenes de satélite de la NASA (WorldWind). No es una coincidencia que la mayoría de estas iniciativas vengan de los EE.UU, donde todos los datos generados por instituciones estatales son de libre acceso para la población (y para el resto del mundo). Finalmente, los visores sencillos, con ergonomías y funciones adaptadas a perfiles de usuarios no expertos, se están integrando con productos y dispositivos de uso masivo (hojas de cálculo, navegadores, sistemas de navegación asistida para automóviles, ...)



## El mapa es uno mismo

El mapa es la representación de todos aquellos fenómenos que existen en el territorio. Curiosamente, parece llegado el momento en el que nosotros mismos pasaremos a formar parte del mapa, además de utilizarlo como herramienta de consulta o análisis. El perfeccionamiento de los sistemas de localización ya permite

la ubicación en tiempo real sobre la cartografía de los vehículos de emergencia o de policía. La generalización del uso por parte de la población de teléfonos móviles u otros dispositivos con GPS incorporado, augura que en un futuro próximo cada uno de nosotros formara parte activa del mapa, como un elemento dinámico más de la cartografía. Esto plantea grandes ventajas (por ejemplo el rescate de excursionistas extraviados en alta montaña), pero también debates sobre privacidad (hasta que punto uno tiene que estar siempre localizable).

En Europa, los servicios basados en la localización (LBS-Location Based Services) van a recibir un impulso muy importante con la puesta en marcha de Galileo, una iniciativa conjunta de la Unión Europea y de la Agencia Espacial Europea que mejorará la precisión y la fiabilidad de la localización por satélite. Dado que Galileo está concebido

para necesidades civiles y abierto a la explotación comercial, su impacto en el sector de la geomática se calcula en aproximadamente 200.000 millones de € en 15 años, con estimaciones de más de 3.000 millones de receptores en funcionamiento para el 2020.

## Un mapa de muchos mapas

El acceso y la utilización generalizada de la información espacial en Europa sigue siendo un problema, todo y su importancia para la toma de decisiones por parte de las Administraciones Públicas y otras organizaciones. El gran valor añadido de un SIG es su capacidad de superponer capas de información temáticas distintas (topografía, usos del suelo, catastro de rústica, ortofotografías, planes generales,...) de un mismo encuadre territorial. Para que técnicos, ciudadanos, empresas,... puedan aprovecharla es necesario eliminar las barreras que hasta ahora lo han impedido (formatos propietarios, dificultad en localizar los datos, falta de documentación sobre los datos, trabas legales, ...)

La nueva generación de sistemas de información geográfica tiene como piedra angular la interoperabilidad, que permite conectar e integrar on-line informaciones y servicios que provienen de muy distintas fuentes y proveedores.

En lugar de ser una herramienta monolítica y cerrada, los servidores de cartografía de las distintas administraciones públicas han de comunicarse entre sí y compartir información. Así, por ejemplo, un usuario debería desde su navegador poder buscar, seleccionar y construirse un mapa de capas cartográficas generadas desde servidores distintos, gratuitos o de pago (ingenierías, Ministerios, Gobierno regional, Unión Europea, ayuntamientos,...), Cobran pues gran importancia los buscadores de catálogos de datos cartográficos y la descripción de los mismos (metadatos).

La directiva INSPIRE aprobada por la Unión Europea en 2004 y dotada con aproximadamente 4 millones de €, sienta el marco jurídico para coordinar todas aquellas iniciativas que favorezcan el intercambio de la información espacial entre administraciones a nivel europeo. Sólo en la reutilización y mejor aprovechamiento de datos espaciales existentes, los beneficios cuantificados de la directiva INSPIRE se cifran en alrededor de 40 millones de €. A nivel operativo, la directiva se traduce en la adopción de una serie de normas para posibilitar la combinación e intercambio de datos procedentes de distintos niveles de la Administración por parte de usuarios y aplicaciones diversos.

## El mapa es mutante.

Los SIG han de ser abiertos a la modificación y perder un poco de rigidez, en particular los que funcionan sobre plataforma web. Durante el salón Géoevènement 2005 de París, los responsables de algunas Administraciones públicas europeas hicieron especial hincapié en la necesidad de SIG abiertos a una fácil modificación y personalización, tanto de los contenidos como de las herramientas. Como un camaleón, el denominado SIG a la carta puede mutar de aspecto y funcionalidades según el usuario que lo esté utilizando. En este carácter mutante de los SIG cobran gran relevancia la flexibilidad en la configuración - definir que, con qué y como puede trabajar cada usuario de SIG - y los





optica  
medica  
topografia

[www.escobarinstrumentos.com](http://www.escobarinstrumentos.com)

C/ Las Fuentes 20  
28816 - CAMARMA DE ESTERUELAS ( MADRID )  
Tlfno: 91-8866704  
Fax: 91-8857616  
Teléfono de Atención al Cliente: 902-198451

aspectos ergonómicos - en los automóviles, a medida que los dispositivos de navegación se han hecho más amigables, su uso más confortable, y su ubicación en el cuadro de mandos del vehículo más acertada, su aceptación ha aumentado -.

#### **El mapa frente a la ética**

La información geográfica representa un gran valor añadido para todos aquellos servicios basados en la localización, como el marketing directo o la atención al cliente. Por citar un ejemplo, muchas empresas de distribución y supermercados la utilizan ya como una fuente más dentro de sus procesos de trabajo. El despliegue de los nuevos protocolos de comunicación entre aparatos móviles como el UMTS y el GPRS, que habilitan la localización exacta de una persona en cualquier lugar del mundo en tiempo real, favorecerá aún más esta tendencia. Conocer el lugar donde habita o se encuentra una persona, y vincularlo a sus hábitos de compra, preferencias, ... puede ser utilizado para generar mensajes publicitarios a personas basados en su posición geográfica. Sin embargo, esta utilización comercial de la información geográfica es muchas veces desconocida por parte de la población. Como en el resto de la información vinculada a las personas, se plantea pues la disyuntiva de si la ubicación geográfica de una persona forma parte o no de su entorno privado, debiendo pues ser un dato protegido, y de si es ético su uso para fines comerciales.

#### **Tierra digital, un poco más cerca**

Actualmente, mediante identificación previa, ya son muchos los que interactúan con los distintos niveles de la Administración por Internet. Desde un único punto de entrada o carpeta del ciudadano, una persona puede acceder a todos los documentos relacionados con ella (patronales, multas, catastrales,...), consultarlos, e incluso iniciar por Internet trámites para su modificación. Un solo código de entrada (DNI) abre todo un abanico estructurado de información al ciudadano@.



El concepto de Tierra Digital profundiza todavía más en esta relación entre ciudadanos y Administración. La idea es organizar y utilizar la información de cualquier tipo no por orden alfabético, sino por ubicación geográfica. En lugar de buscar la palabra correcta, hay que apuntar al lugar adecuado. Apuntando con su dedo, el ciudadano debería ser capaz de señalar un punto cualquiera de la Tierra en el mapa (su casa, una carretera, una farola,...) y poder acceder desde allí a toda la información que la Administración dispone sobre este elemento. Las coordenadas geográficas (véase UTM o código del elemento) pasarían a ser el equivalente al DNI. Esta dualidad de entrada a los datos (por persona, por ubicación) es la forma más inteligible y sencilla de hacer accesible la información al ciudadano por parte de la Administración, ya que se corresponde con la forma en que este último realiza las preguntas (quien soy, que hay aquí, ...). Las tendencias en el sector SIG y de la geomática descritas anteriormente son un muestra de que el camino por recorrer es cada vez más corto.

# Leica SmartStation ¿Que tal si...



## ...las estaciones totales hablaran con los satélites GPS?

Lo hemos conseguido con Leica SmartStation: Tps y Gps trabajando juntos, integrados en un único instrumento. SmartStation es la primera estación total de altas prestaciones en el mundo que cuenta con un receptor GPS integrado en la misma estación. Usted puede utilizar TPS y GPS juntos o puede separarlos, de manera que podrá trabajar independientemente con una estación total y con un GPS móvil en tiempo real.

### ¡GPS y TPS en un único instrumento!

Usted se quedará asombrado de la facilidad de uso de la SmartStation y de la rapidez con la que trabaja para obtener los datos que necesite. Podrá ahorrarse hasta un 80% del tiempo requerido para llevar a cabo un estacionamiento con un equipo topográfico convencional. Usted será más rápido, más eficaz y más productivo.

Si desea tener más información de como Leica SmartStation puede facilitar su trabajo, contacte con nosotros.

Leica Geosystems, s.l.  
Nicaragua, 46, 5ª 4ª  
E- 08029 BARCELONA  
Tlf.: (+34) 93 494 94 40  
Fax: (+34) 93 494 94 42  
[www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com)

- when it has to be right

**Leica**  
Geosystems





## Noticias

La presentación reunió a un millar de asistentes en edificios singulares de siete ciudades en toda España

### **Autodesk cierra la gira conmemorativa del XX aniversario de AutoCAD con gran éxito de participantes y asistencia**

Los proyectos de la Torre Jean Nouvel de Barcelona y el Hotel Silken de Madrid fueron las estrellas de la cita

El pasado 6 de junio de 2005 - Con casi 2.000 personas registradas y más de 900 asistentes, la gira de celebración del XX aniversario de AutoCad de Autodesk, Inc. (NASDAQ: ADSK), una de las principales compañías de soluciones de diseño por ordenador, concluyó con gran éxito el pasado 19 de mayo en el Casino de Madrid. La firma ha llevado a cabo esta iniciativa por siete ciudades españolas y sus escenarios arquitectónicos más singulares para presentar la 20ª versión de AutoCAD, con la colaboración de HP.

La gira «20 años realizando ideas» fue concebida como un particular homenaje a la importante contribución que el software de Autodesk ha supuesto para el mundo de la arquitectura y la ingeniería, por lo que los lugares elegidos para estas presentaciones correspondieron a edificios y obras arquitectónicas que presentan alguna característica especial. Con una primera escala en Barcelona, el 14 de abril, en el Teatre Nacional de Catalunya, la gira de presentación de la nueva familia AutoCAD 2006 recorrió también el Palau de la Música de Valencia, la Casa Pilatos de Sevilla, el Palacio de Congresos de A Coruña, el Palacio Euskalduna de Bilbao y el Edificio Crea de Zaragoza.

En el último escenario de la gira conmemorativa, en el Casino de Madrid se presentó como caso práctico el Hotel Silken Puerta de América. Un importante proyecto multicultural, que ha sido enteramente diseñado con las soluciones Autodesk

La agenda de las presentaciones incluyó espacios dedicados al repaso de la trayectoria de Autodesk, a las mejoras de productividad introducidas con AutoCAD 2006, a la presentación de proyectos realizados en colaboración con los equipos HP Designjet 4000 o a las novedades en animación 3D. Se expusieron también interesantes proyectos arquitectónicos y de diseño. Además del Hotel Silken hay que destacar el de la Torre de Jean Nouvel y tres áreas de exposición temáticas diferenciadas que mostraron las distintas novedades de la familia 2006 para los principales mercados de la compañía: arquitectura, GIS e ingeniería civil y mecánica. Una colección de piezas únicas resumía a los visitantes estos veinte años de compromiso de Autodesk con la innovación.

### **AutoCAD 2006: la serie integrada más potente de la historia de Autodesk**

La XXª versión del software AutoCAD engloba 25 productos y soluciones con importantes mejoras centradas en la productividad, que permiten al cliente hacer realidad sus ideas con mayor rapidez, al reducir el número de pasos necesarios para realizar una tarea, y con un rendimiento y eficacia superiores.

**VISITA NUESTRA  
WEB**



**El Club de  
los topógrafos**

**Hazte  
Socio**

**PODRAS DISPONER DE:**

- Asesoramiento.
- Material Topográfico.
- Restitución.
- Batimetría.
- Etc.

**Mas Información en:  
<http://www.taecclub.com/>**

**¡¡ MUY INTERESANTE !!**



Organizers:



Sponsors:



# International Cartographic Conference

9-16 July A Coruña 2005 Spain

mapping approaches into a changing world

iniciativas cartográficas para un mundo en transformación



[www.icc2005.org](http://www.icc2005.org)



Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección.



Patronage:



Technical Support





GRUPO

**Inland**  
www.inland.es

**INTRAC**  
LÁSER, AGRICULTURA Y CONTROL DE MAQUINARIA

**ISSA**  
Isidoro Sánchez S.A.  
SOLUCIONES TOPOGRÁFICAS

**GEOTRACK**  
AGRICULTURA, GPS, FLOTAS, GIS

**LASER RENT**  
CONSTRUCCIÓN, EXCAVACIONES E INTERIORISMO

**Sede Central:**

Av. De La Industria, 35. 28760 Tres Cantos (Madrid)  
Apartado De Correos 63  
Tel: 902 103 930 • Fax: 902 152 795

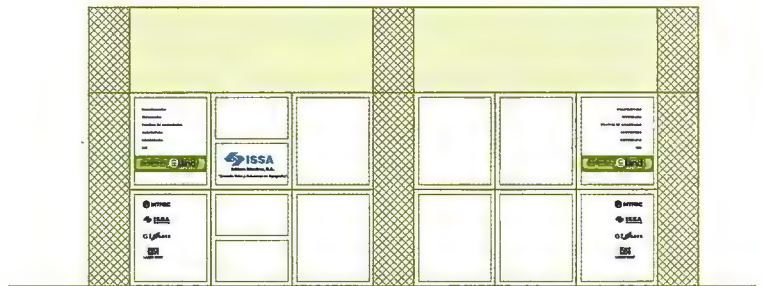
**Nueva Sede INLAND en Andalucía**

Parque Tecnológico Andalucía (PTA).  
Manzana 5. Edificio Promociones Españolas  
C/ Ivan Paulov. Nave 1, Bajo G. 29590 MÁLAGA



## Inauguración de la nueva sede Inland en Andalucía

El pasado 2 de Junio el **Grupo INLAND** inauguró la nueva sede del Grupo en Andalucía. La inauguración tuvo lugar en su oficina de **Málaga**, enclavada en el **Parque Tecnológico de Andalucía (PTA)**, en un privilegiado entorno natural, dotado de infraestructuras y servicios avanzados de gran calidad. Desde aquí INLAND dará servicio a toda Andalucía y espera atender a sus clientes con la **máxima eficacia y cercanía**.



*D. Jesús Latova y D. José Manuel Beltrán del Grupo Inland, D. Antonio Esteban de Sacyr, D. Juan Báez de Sando y tres representantes del puerto de Málaga, posando durante el cóctel de inauguración.*



## Una jornada para el encuentro y el conocimiento

Durante la mañana los asistentes tuvieron ocasión de conocer las **últimas novedades** de estaciones totales, software y GPS, así como los nuevos productos de Hidrografía.

A las 12 h, tuvo lugar una conferencia a cargo de **D. Benjamín Piña Patón**, Director del Área de Fomento de la Delegación del Gobierno en Cantabria y Profesor de la Escuela de Caminos de la Universidad de Cantabria. La ponencia **"La historia del posicionamiento global, de Transit a Galileo"**, contó con una gran acogida por parte de los asistentes, teniendo al final un enriquecedor coloquio entre los más de cien participantes en el acto.

Al final los asistentes disfrutaron de un distendido **cóctel** en los jardines del Centro de Negocios del Parque Tecnológico y pudieron participar activamente en las **demostraciones** de los instrumentos que se realizaron en los alrededores.

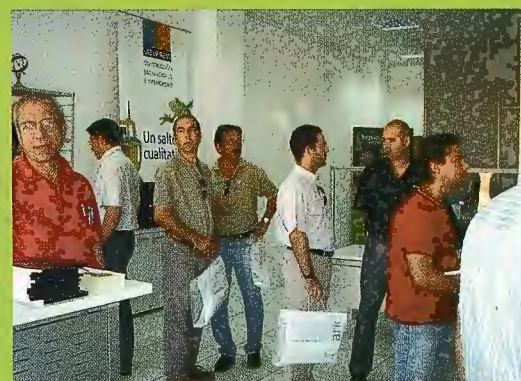
A continuación reseñamos los puntos mas destacados de la brillante exposición del Profesor Piña.



El globo aerostático con la imagen de INLAND puso la nota de color en la inauguración. A la derecha un momento de la conferencia de D. Benjamín Piña Paton, Director del Área de Fomento de la Delegación del Gobierno en Cantabria



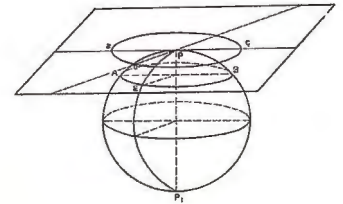
Los invitados en el cóctel de inauguración



Varios momentos de las animadas demostraciones



# EL POSICIONAMIENTO POR SATÉLITE DE TRANSIT A GALILEO



Benjamín Piña Patón - Antonio Mañero García - Felipe Piña García

Desde que el 4 de octubre de 1957 se puso en órbita el Sputnik I comenzó una nueva era para muchas áreas de conocimiento y, entre ellas, las Ciencias Geodésicas y del posicionamiento en general.

Antes de la Geodesia Espacial, el posicionamiento «absoluto» de un punto de la superficie terrestre, sólo era posible a través de las observaciones astronómicas (Astronomía de Posición). Así el proceso geodésico-topográfico pasaba por llevar a cabo una serie de metodologías que permitían dotar de coordenadas a todos los puntos:

- A través de la observación astronómica se determina la Latitud y Longitud de un punto, así como el acimut de una dirección (teodolitos ópticos de gran precisión y reloj).
- Se medían bases para dar escala al trabajo (hilos invar, reglas bimetálicas...)
- Se hacían triangulaciones para configurar una red de puntos con coordenadas conocidas (teodolitos).
- Poligonales, midiendo ángulos y distancias.
- Radiaciones
- Intersecciones directas, inversas y mixtas, midiendo ángulos y a veces distancias.
- Nivelaciones geométricas y trigonométricas, midiendo incrementos de alturas.

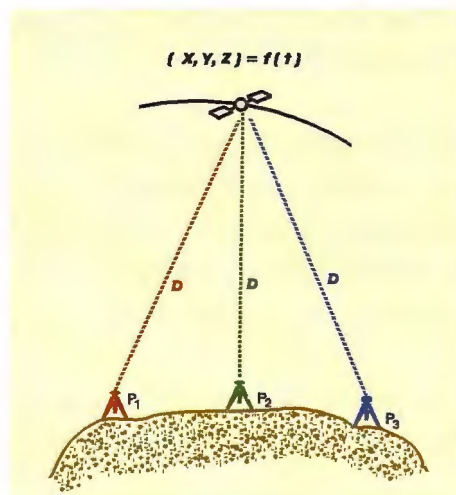
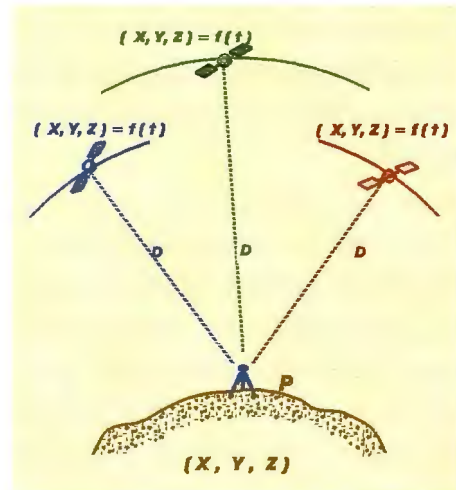
Cada método se apoyaba en puntos de coordenadas conocidas, salvo la observación astronómica en que la referencia era espacial, y se basaba en el conocimiento de la posición de los astros.

## LA IDEA

Por analogía a las metodologías descritas, la idea bien podía ser sustituir a los astros por objetos lanzados por el hombre (artificiales), y que se conozca su posición en cada instante (conocimiento de la órbita en un sistema de referencia:  $x = x(t)$   $y = y(t)$   $z = z(t)$ ), y así en un instante concreto observar desde un punto (P) las distancias y / o direcciones a varios objetos y, por intersecciones, determinar la posición del punto (P) en el mismo sistema de referencia en el que se conoce la posición de los objetos. Si se consiguen esas medidas de dirección y distancia, también se podría plantear el problema inverso: Conocida la posición de puntos de Tierra  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ , se determina la posición del objeto (P) en sucesivos instantes, y por tanto su órbita.

Al trabajar en sistemas de referencia para toda la Tierra, se hacen necesarios desarrollos y aplicaciones que hasta ahora no lo habían sido, salvo en las formulaciones teóricas pero con poca aplicación práctica. Así se hablará de:

- Geodesia Global (para toda la Tierra).
- Geodesia Tridimensional (se determinan de forma conjunta las tres coordenadas).



- Necesidad del conocimiento del campo gravitatorio terrestre y del centro de masas de la Tierra.
- Medida del tiempo con más precisión.
- Geodésica Tetradimensional (las órbitas son función del tiempo y por tanto es una coordenada más).

## EL INICIO

Como ya se ha dicho, el lanzamiento el 4 de octubre de 1957 del primer satélite artificial, el Sputnik I abrió las puertas, entre otras muchas más aplicaciones, de la Geodesia Espacial. Se comenzó analizando el problema inverso, es decir, a partir de la recepción en Tierra (varios puntos) de una portadora de 20MHz que emitía el satélite, se determinó la órbita del satélite. Pronto el Doctor Clure invirtió el problema (problema directo) y así se inició una nueva etapa, no sólo de la Geodesia, sino del posicionamiento en general.

Este primer satélite, lanzado por la URSS, era una esfera de 0,58 m. de diámetro y un peso de 83,6 kg. Estuvo operativo sólo tres semanas en una órbita de 65,1° de inclinación, y de 228 km. al Perigeo y 947 km. al Apogeo.



## LAS MEDIDAS

En la Geodesia Espacial la magnitud fundamental es el tiempo, y así la altísima precisión de los relojes ha hecho posible todo este desarrollo.

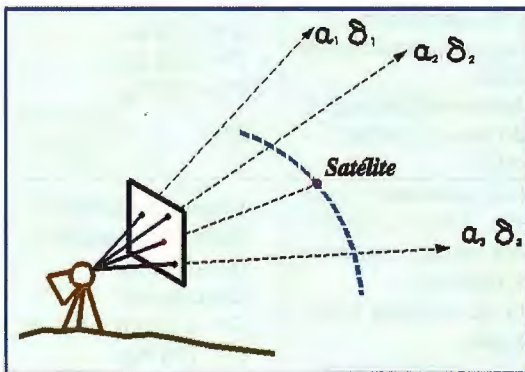
No ha de perderse de vista que estamos suponiendo puntos fijos en el espacio en un determinado instante, objetos que están en movimiento a gran velocidad y, por otro lado, la alta velocidad a la que viaja la radiación electromagnética, hace que cualquier error o incertidumbre en la medida del tiempo significaría un gran error en el posicionamiento.

Algunos datos sobre los relojes utilizados son:

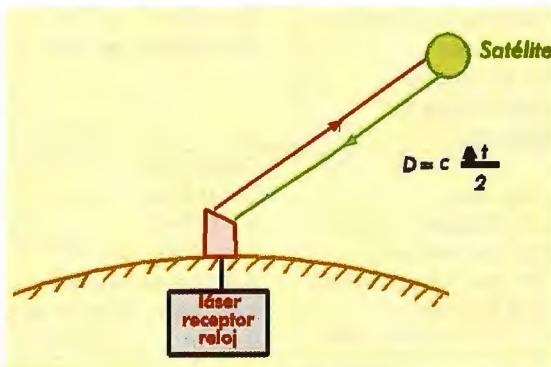
- Oscilador de Cristal de Cuarzo: su estabilidad por día ( $\Delta f/f$ ) es de  $10^{-9}$ , y el tiempo necesario para perder un segundo, del orden de ( $T=30$  años).
- El de Rubidio,  $\frac{\Delta f}{f} = 10^{-12}$   $T = 30.000$  años
- El de Cesio,  $\frac{\Delta f}{f} = 10^{-13}$   $T = 300.000$  años
- El Másér de Hidrógeno,  $\frac{\Delta f}{f} = 10^{-15}$   $T = 3 \cdot 10^6$  años

Se describen de manera resumida las metodologías utilizadas, en las que se resalta la magnitud más significativa:

- Direcciones.- Las primeras medidas de direcciones se realizaron con cámaras balísticas astronómicas y orbitales, adosadas a los anteojos astronómicos, con montura acimutal o ecuatorial. Se fotografía el satélite sobre fondo de estrellas de coordenadas conocidas (ascensión recta ( $\alpha$ ) y declinación ( $\delta$ ), y se miden coordenadas  $x$ ,  $y$ , del satélite en la placa respecto las estrellas.

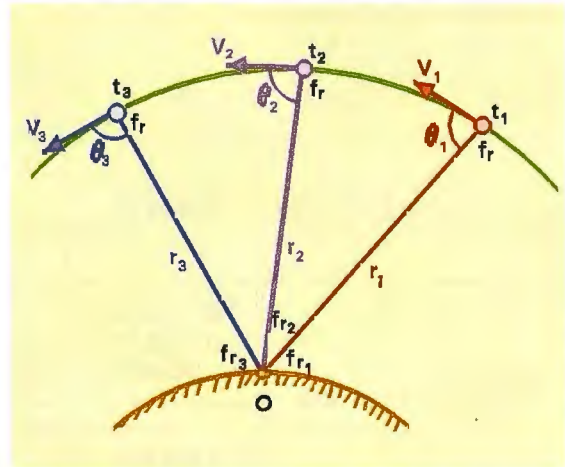


- Telemetría Láser.- Un láser con base terrestre utiliza el satélite como blanco. Se evalúa el tiempo que tarda la señal en ida y vuelta y se calcula la distancia.

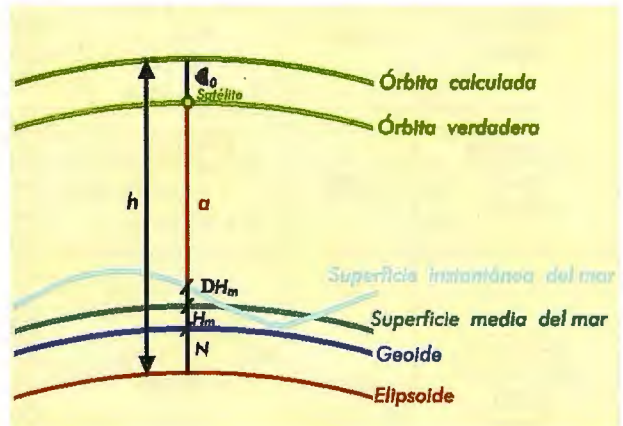


- Método de Doppler.- Se obtienen diferencias de frecuencias de recepción en diversas posiciones del satélite. Se deducen diferencias de distancias (hiperboloides)

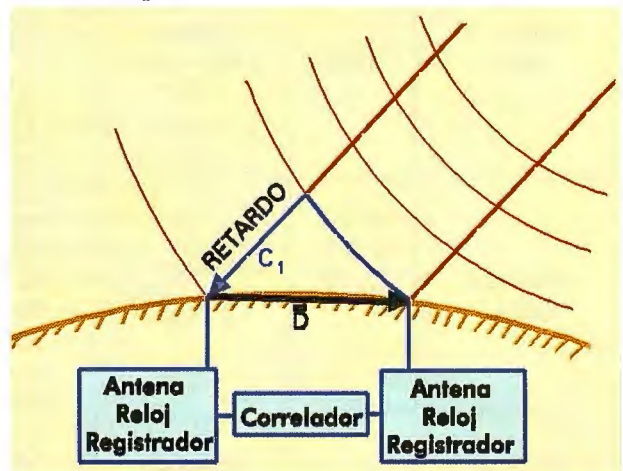
de revolución), se ajustan y se obtienen coordenadas geocéntricas tridimensionales del receptor.



- Altimetro Radar.- El satélite lleva un altímetro de radar que permite determinar su altura sobre el nivel del mar.



- Interferometría de Bases de gran longitud.- Se observa radiofuentes galácticas o extragalácticas, se mide el retardo de la señal en los centros radioeléctricos de los radiotelescopios.



- Medida de Seudodistancias.- El observable es el tiempo que permite correlar una réplica del código generado por el receptor con la señal procedente del satélite ( $\Delta t$ ), así  $D=C \cdot \Delta t$

- Medida de Fase.- Se controla en fase una emisión radioeléctrica hecha desde satélite, con frecuencia conocida y desde posición conocida  $D=\lambda (N + \Delta\phi)$



## EL DESARROLLO

A continuación se describe un resumen de los satélites, con sus características más importantes, que han contribuido al desarrollo de la Geodesia Espacial.

SATÉLITE	FECHA	ÓRBITA	MISIONES	CARACTERÍSTICAS
TRANSIT (USA)	1959	698 – 725 Km $i = 90,1^\circ$ (Polar)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1 A) dos osciladores estables y dos transmisores de doble frecuencia, 162/216 MHz y 54/ 324 MHz.</li> </ul>	Esférico D = 0,9 m P = 120 Kg
		1.100 Km. T = 107 m.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transit 5, a partir de 1967 se puso a disposición de uso civil y los satélites se llaman NAVSAT.</li> </ul>	Prisma octogonal D = 0,51m h = 0,38 m P = 61 Kg,
ANNA IB (USA)	1962	Casi circular 1077 – 1182 Km $i = 50,14^\circ$ T = 107,84 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reflector para ser fotografiado</li> <li>Radiotransmisor Secor</li> <li>Sistema Doppler</li> </ul>	Casi esférico D = 1,22 m P = 161 Kg
COSMOS 26-49 (URSS)	1964	Elíptica 217-403 Km $i = 49^\circ$ T = 91,93 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Magnetómetro para la medición magnética de la superficie terrestre. Se determina el coeficiente de Gauss.</li> </ul>	Elíptico 1,80 X 1,2 m P = 400 Kg
BEACON EXPLORER A-B-C (USA)	1964	<p>B Elíptica 889 – 1081 Km <math>i = 79,69^\circ</math></p> <p>C 941- 1317 Km</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>360 reflectores láser de silicio, PRIMERA MEDICIÓN DESDE LA TIERRA.</li> <li>El C tenía un oscilador ultraestable para mediciones Doppler. Midió irregularidades orbitales, deduciendo así el campo gravitacional.</li> </ul>	Prisma octogonal D = 0,46 m h = 0,30 m P = 52,5 Kg Pc = 60 Kg
GEOS - 1 (USA)	1965	Elíptica. 1115 – 2227 $i = 59^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baliza óptica para ser fotografiada.</li> <li>440 prismas de cuarzo como reflectores láseres.</li> <li>Transmisor de señales para efecto Doppler.</li> <li>Antena para transmisión de datos.</li> </ul>	Primer satélite exclusivamente geodésico. Octogonal. D = 1,2 m h = 0,8 m P = 175 Kg Brazo estabilizador
PAGEOS (USA)	1966	Casi circular 4198 – 4286 $i = 87^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>La superficie del satélite, que reflejaba la luz solar, era visible desde la Tierra, con el resplandor de la estrella Polar, pudiéndose fotografiar. Ha hecho posible mediciones del globo terrestres.</li> </ul>	Globo de plástico D = 30 m Recubierto de Al.
D – 1 A DIAPASON (FRANCIA)	1966	Elíptica 500 – 2700 Km $i = 34,1^\circ$ T = 117 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oscilador de alta estabilidad. Estudio sistemático por efecto Doppler, en dos frecuencias, 149,70 y 399,920 MHz</li> </ul>	Cilíndrico. D = 0,5 m h = 0,2 m P = 19 Kg + 4 paneles solares adosados de 0,42 m X 0,21 m





SATÉLITE	FECHA	ÓRBITA	MISIONES	CARACTERÍSTICAS
<b>DIADEME</b> D-1 C; D-1 D (FRANCIA)	1967	D-1 C 561 – 1231 Km $i = 40^\circ$  D-1 D 590 – 1811 Km $i = 39,4^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oscilador de alta estabilidad como el Diapasón.</li> <li>Reflectores láser en paneles unidos al satélite.</li> </ul>	Como el Diapasón P = 23 Kg
<b>CHINA – 2</b> (CHINA)	1971	Elíptica 268 – 1830 Km $i = 69,9^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Detección de radiación cósmica.</li> <li>Medición del campo magnético.</li> </ul>	2º Satélite lanzado por China. Primera misión Esférico D = 1 m P = 221 Kg
<b>GEOS – 3</b> (USA)	1975	Casi circular 818 – 858 Km $i = 115^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altimetro radar.</li> <li>Reflectores de láser.</li> <li>Sistema para efecto Doppler.</li> <li>Con Seasat mejoraron los modelos de geoide.</li> </ul>	Prisma octogonal D = 3,20 m h = 0,81 m P = 342 Kg Brazo estabilizador de 6 m
<b>TIMATÓN</b> (USA)  <b>NTS</b> (USA)	1967  1974	915 – 925 Km $i = 70^\circ$  casi circular 13445 – 13767 $i = 125^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejoraba los TRANSIT, ya tenían reloj de cuarzo de alta precisión.</li> <li>El tercer TIMATON se llamó NTS, además de dos relojes de cuarzo probó dos relojes atómicos de vapor de rubidio. Operaba en dos frecuencias 335/1580 MHz.</li> <li>El NTS-2 (1977) probó un reloj atómico de cesio.</li> </ul>	0,81 X 0,41 X 0,20 m P = 38 Kg  Prisma octogonal  h = 0,56 m D = 1,22 m P = 293 Kg
<b>TIP TRIAD</b> (USA)	1972	716 – 863 Km $i = 90,14^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complemento del programa TIMATON.</li> <li>El primer satélite TIP fue conocido como TRIAD</li> <li>Mejoras en la corrección de órbitas.</li> </ul>	Cilíndrico D = 0,61 m h = 0,51 m P = 94 Kg
<b>NOVA</b> (USA)	1981	1170 – 1187 Km	<ul style="list-style-type: none"> <li>Una nueva serie TIP que ahora se llaman NOVA</li> </ul>	P = 166 Kg Mástil estabilizador 7,5 m
<b>COSMOS 1067</b>	1978	1154–1211 Km $i = 83^\circ$ T = 109 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reflectores láseres. Satélites utilizados por los soviéticos, junto con los LAGEOS americanos y STARLETTE franceses.</li> </ul>	D = 1,6 m P = 700 Kg
<b>1312</b>	1981	149 – 1499 Km $i = 82,6^\circ$		P = 2200 Kg
<b>1520</b> (URSS)	1983	1497–1524 Km $i = 73,6^\circ$		

SATÉLITE	FECHA	ÓRBITA	MISIONES	CARACTERÍSTICAS
INTERCOSMOS 20	1979	465 – 510 Km $i = 74,05^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de la superficie terrestre y los océanos.</li> <li>Reflectores láseres, se investigó la resistencia de la atmósfera sobre el satélite</li> </ul>	D = 1,5 m h = 1,8 m P = 550 Kg  P = 1500 Kg
21	1981	473 – 514 Km $i = 74,04^\circ$		
22 (URSS)	1982	800 – 895 Km $i = 81,22^\circ$		
GEOSAT (USA)	12 – III 1985	Polar h = 800 Km	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altímetro radar para cartografiar la superficie terrestre y los océanos. (seguimiento de fenómenos como “El Niño”).</li> </ul>	P = 636 Kg Estabilizador con bloque de 50 Kg y brazo de 7 m
ESTARLETTE (FRANCIA)	1975	Elíptica 806 – 1108 Km $i = 49,82^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>60 reflectores láseres adosados en la superficie.</li> </ul>	Esférico D = 0,26 m P = 50 Kg
CASTOR (FRANCIA)	1975	Elíptica 272 – 1268 Km $i = 29,95^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>26 reflectores láseres.</li> <li>Acelerómetro para investigación aeronáutica.</li> </ul>	Poliedro de 26 lados. D = 0,8 m h = 0,71 m P = 76 Kg
LAGEOS (USA)	4-V 1976	Casi circular 5837–5945 Km i = 110 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>426 reflectores de Silicio.</li> <li>Primer satélite de la NASA diseñado exclusivamente para la medición de los movimientos de la corteza terrestre.</li> <li>Mediciones con precisión 1-2 cm.</li> <li>Lleva tres “Mensajes al futuro” concebidos por el profesor Carl Sagan, que describen la historia de la Tierra.</li> </ul>	Esfera Al. D = 0,6 m P = 406 Kg Podrá ser utilizado Durante 50 años, estará unos 80 millones de años girando.
EGP (JAPÓN)	1986	Circular h = 1500 Km	<ul style="list-style-type: none"> <li>318 espejos para reflejar la luz solar.</li> <li>120 reflectores angulares para rayo láser desde la Tierra.</li> </ul>	Esférico D = 2,1 m P = 685
LAGEOS –2 (ITALIA)	1988	Circular h = 6000 Km $i = 52^\circ$	<ul style="list-style-type: none"> <li>426 espejos de Silicio.</li> <li>Aplicaciones geodinámicas</li> </ul>	Esférico D = 0,6 m P = 410 Kg
ETALON (URSS)	1989	a = 25478 Km e = 0,0006 $i = 65,2^\circ$ T = 11,25 h	<ul style="list-style-type: none"> <li>2134 retroreflectores ópticos para medidas láser.</li> </ul>	Esférico D = 0,65 m P = 1415 Kg

## LA ERA DEL GPS

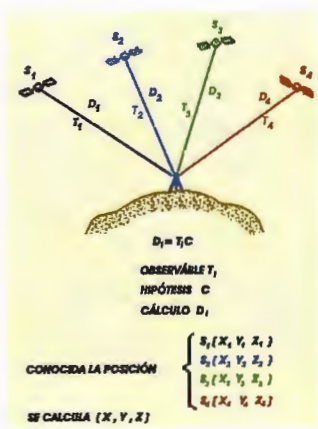
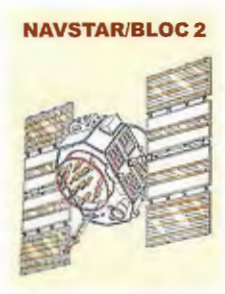
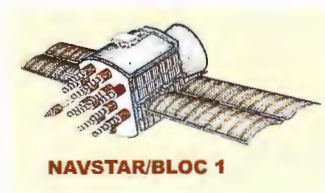
Las misiones y programas descritos hasta ahora han tenido, y tienen, aplicaciones en el ámbito de las ciencias geodésicas y de navegación, pero para usuarios particulares, fue el GPS el sistema del posicionamiento que ha universalizado su aplicación a multitud de campos y áreas del conocimiento.

Siguiendo la misma estructura que en las misiones anteriores, se dan las características más importantes de los satélites NAUSTAR (Satélites de Navegación, Cronometría y Distanciometría), que constituyen el sistema de Posicionamiento Global (GPS), y las de los Satélites COSMOS y GLONASS que constituyen el sistema de posicionamiento GLONASS.



NAVSTAR - GPS (USA)		
BLOQUE I	1978 - 1985 (no quedan) P = 400 Kg Vida útil ≈ 5 años Osciladores : Cuarzo y Rubidio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 satélites en 6 planos orbitales.</li> <li>• Órbitas casi circulares h = 20100 Km.</li> <li>• Periodo T = 12 h s.</li> <li>• Portadoras en la Banda L: L<sub>1</sub> = 1575,42 MHz (λ = 19,05 cm) L<sub>2</sub> = 1227,23 MHz (λ = 24,45 cm)</li> <li>• Tiempo GPS (GPST) Desviación con TAI de 19 s. Coincide con UTC el 6-1-1980. Unidad = segundo (SI) Unidad derivada : semana = 604800 s GPST - UTC ≈ 7 s/10 años. Correcciones de 1s</li> <li>• Sistema de referencia W G S 84</li> <li>• Efemérides Keplerianas a, e, i, ω, α, M</li> </ul>
BLOQUE II	II, II-A, II-R, II-F P = 800 Kg Vida útil ≈ 7,5 años Osciladores : Rubidio y Cesio.	
BLOQUE III	¿ 2009 ? Maser de hidrógeno	

COSMOS - GLONASS (URSS)		
COSMOS	1967 - 1982 Cuatro generaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24 satélites en 3 planos orbitales.</li> <li>• Órbitas casi circulares h = 19100 Km.</li> <li>• Periodo T = 11 h 15 m 44 s</li> <li>• Portadores en la banda L: L<sub>1</sub> = 1602 MHz + n 9 / 16 MHz L<sub>2</sub> = 1246 MHz + n 7 / 16 MHz</li> <li>• Tiempo UTC Moscú</li> <li>• Sistema geodésico: PZ - 90 S G S - 90 (Soviet Geoditic Sysstem 1990)</li> <li>• Efemérides: posición, velocidad y aceleración instantáneas.</li> </ul>
GLONASS	1982 ...	



## LA ACTUALIDAD

En la actualidad, el sistema de mayor precisión en el posicionamiento en el espacio europeo, es EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). Consiste el sistema en establecer un seguimiento de control y proceso de datos de GPS y GLONASS, de tal manera que se puedan generar correcciones a la información suministrada por los satélites, tanto en la órbita como en el estado de los relojes y la ionosfera. Se utilizan los satélites geoestacionarios para transmitir las correcciones en señal compatible con el sistema.

Así la estructura del sistema será:

### SATÉLITES:

GPS + GLONASS + 3 GEO (INMARSAT: AOR-E, 10R + ARTEMIS)

### ESTACIONES DE MEDIDA RIMS:

Recogen los datos GPS - GLONAS - GEO, y los envían a la estación de control.

### ESTACIONES DE CONTROL Y PROCESO DE DATOS CPF - MCC:

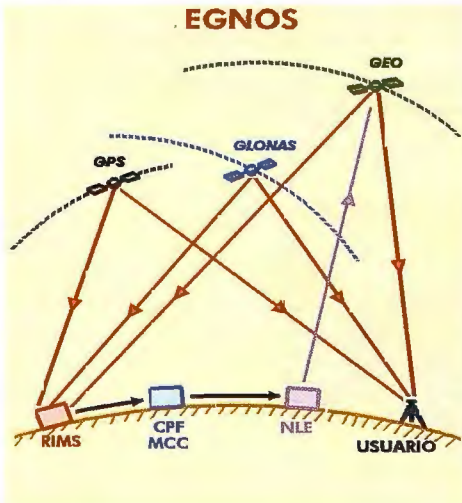
Calculan correcciones a las señales recibidas y dan estado del reloj, órbitas y modelo de ionosfera, que envían a los centros de transmisión.

### ESTACIONES NLES:

Reciben esas señales y las envían a los satélites geoestacionarios.

### GEO:

Distribuyen la señal compatible con GPS, enviando: correcciones diferencias, señal de navegación (similar a GPS) e integridad (fiabilidad).



## EL FUTURO

Muchos artículos se han escrito y muchas conferencias se han impartido, sobre GALILEO, y aún hoy tenemos bastantes dudas sobre el que será el sistema de Navegación o mejor, «de posicionamiento» que tendremos en los próximos años. Las características reseñables del sistema

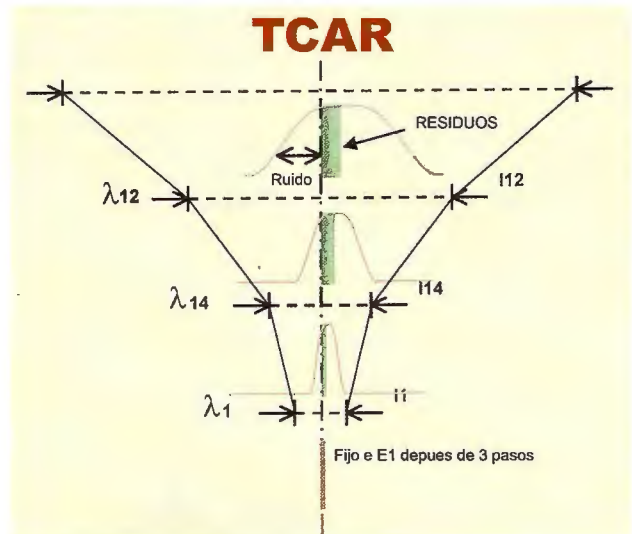


Desde el punto de vista en términos de calidad, la particularidad de GALILEO es que se consiguen la precisión, integridad, continuidad y disponibilidad que requieren aplicaciones de tan alta resolución, como las que necesita la aviación.

En términos de medida de fase la gran aportación de GALILEO es el método de determinación de ambigüedades, que a través de la Técnica TCAR, permite mejorar de manera importante, lo conseguido por GPS o GLONASS, que no consiguen con una sola cuenta, garantizar los indicadores de calidad antes mencionados (integridad, continuidad y disponibilidad).

La Técnica TCAR de resolución de ambigüedades, fue creada por Harris en 1996-1997, y asumida por ESA para GALILEO.

Se fundamenta en la combinación de tres medidas de fase de las portadoras ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_4$ ) en tres pasos conducen a la resolución final de ambigüedades sobre una de ellas.



Se discretiza el proceso en los siguientes pasos:

a) Mediante combinación de  $\lambda_1, \lambda_2$ , se genera una señal de gran longitud de onda  $\lambda_{12} \approx 10,5$  m.

Se formula con «dobles diferencias» y sin tener en cuenta los efectos residuales de la ionosfera y los errores causados por multicamino, se calcula la primera ambigüedad.

b) Mediante combinación de  $\lambda_1, \lambda_4$ , se genera una señal de  $\lambda_{14} \approx 0,87$  m.

Por doble diferencia se calcula la ambigüedad.

b) Se calcula con la frecuencia  $\lambda_1$  (Ver gráfico).

GALILEO		
Primeros dos satélites a principios de 2006	Servicio Gratuito (localización)	30 Satélites - 3 planos orbitales $h \approx 23.600$ km.
Complemento 2006 - 2007	Servicio Tarifable (controlado) - (localización e integridad)	4 Relojes (2 Maser de hidrógeno + 2 de Rubidio)
Explotación Comercial 2008	Servicio de Uso Gubernamental	



La mejora de la Técnica TCAR se consigue mediante el TCAR integrado que, manteniendo el proceso anterior, utiliza todas las observaciones disponibles y considera el error ionosférico dentro del filtro de resolución de ambigüedades, es decir:

- Calcula  $N_{12}$  a partir de todos los datos (3 fases y 3 pseudodistancias) con un ajuste mínimos cuadrados.
- Se calcula  $N_{14}$  con  $N_{12}$  anterior por mínimos cuadrados, reduciendo los grados de libertad.
- Se resuelve  $N_1$

Con TCAR integrado se consiguen precisiones centimétricas instantáneas, es decir, con una sola época y en baselíneas largas. Las experiencias realizadas garantizan una probabilidad del cien por cien en encontrar las ambigüedades correctas con una sola época, hasta baselíneas de 15 km.

Puede resumirse que GALILEO con TCAR es muy probable que constituya el estándar mundial para el posicionamiento de alta precisión.

#### BIBLIOGRAFÍA

CAPRARA, G.: "Enciclopedia ilustrada de los satélites espaciales", Anaya, 1986.

CID, R., FERRER, S.: Geodesia Geométrica Física y por Satélite, Ministerio de Fomento, I.G.N., 1997.

COMISIÓN EUROPEA: *El Proyecto Europeo de radionavegación por Satélite*. Nota informativa. Marzo, 2002.

DEZA, E.; HERNÁNDEZ, S.: *Estrategia Europea en los*

*Sistemas de Posicionamiento y Navegación por Satélite. Los Programas Egnos y Galileo*. Revista Datum XXI. Junio 2002.

FERRER, R.; PIÑA, B.; NÚÑEZ-GARCÍA, A.; VALBUENA, J.L.; MARTÍNEZ, I.: *Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.)*. Servicio de publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Santander, 1991.

FERRER, R.; PIÑA, B.: *Geodesia Geométrica*. Servicio de publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Santander, 1992.

FRAILE, J. M.: *La Técnica TCAR para la Resolución de Ambigüedades en Galileo*. Trabajo de investigación de la Universidad de Cantabria. Julio 1999.

LEICK, A.: *Setéllite Suveying*. John Wiley & Sons. Maina, 1990.

LEVALLOIS, J. J.; KOVALEVSKY, J.: *Geodesie Generale, Tomo IV. Geodesie Spatiale*. Eyrolles. París, 1971.

PÉREZ, F.: *Navegación por Satélite, Evolución, Tendencias Tecnológicas y Aplicaciones*.

PIÑA, B.: *Geodesia Física. El conocimiento de la forma de la Tierra a través del tratamiento de los observables físicos evaluados en su superficie*. Servicio de publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Santander, 1993.

VANICEK, P.; KRAKIWSKY, E.: *Geodesy: The Concepts*. North-Holland, 1986.

ZARRAOA, N. y otros: *Egnos: una realidad abierta a nuevas aplicaciones*. Revista DATUM XXI. Marzo 2004.

**La Tienda Verde**  
**LIBRERÍA ESPECIALIZADA**  
**CARTOGRAFIA**  
**LIBROS Y GUÍAS DE MONTAÑA, NATURALEZA Y VIAJES**  
**DISTRIBUIDORA DE CARTOGRAFIA Y LIBROS DE MONTAÑA**

C/ Maudes, 23 (Viajes y Naturaleza)  
Tel: 915 353 810 / 915 353 794 - Fax: 915 342 639  
C/ Maudes, 38 (Mapas y Libros de Montaña)  
Tel: 915 330 791 / 915 343 257 - Fax: 915 333 244

Distribución.  
Tel: 915 337 351 - Fax: 915 333 244  
Web: [www.tiendaverde.org](http://www.tiendaverde.org)  
e-mail: [info@tiendaverde.org](mailto:info@tiendaverde.org)



# SISTEMAS AVANZADOS DE TOPOGR



# trimble TOPOIDO



5800 RTK ROVER



ESTACIÓN TOTAL GPS 5700



ESTACIÓN DE REFERENCIA NETRS



CONTROLADOR ACU



TERMINAL RECON



GEEXPLORE XM/XT



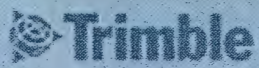
Santiago & Cintra Ibérica, S. A.  
Calle José Echegaray, nº 4  
P.A.E. Casablanca B5  
28100 Alcobendas Madrid (España)  
Tel. +34 902 12 08 70 - Fax. +34 902 12 08 71  
[www.santiagoocintra.es](http://www.santiagoocintra.es)

Delegaciones:

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



# FÍA Y CARTOGRAFÍA



NIVEL DIGITAL  
DINI



ESTACIÓN TOTAL  
SERVO 5503



ESTACIÓN TOTAL  
ROBOTIZADA 5600 DR



LASER ESCANER  
MENS1 3D



ESCANER LASER 3D  
CALLIDUS





# PLATAFORMA 3D PARA INTEGRACIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA Y DE LA INFORMACIÓN EN UN SISTEMA CORPORATIVO



PONENCIA IMPARTIDA EN LA 6ª SEMANA GEOMÁTICA

Clerigué Arrieta, R.1; Velasco Echeverría, X.2; Iribas Latour, M.3; Huarte Sanz, A.4 - Trabajos Catastrales, S.A.  
1 Director del Departamento de Ingeniería - 2 Jefe de Producto (Departamento Comercial)  
3 Jefe del Área SIG (Departamento de Ingeniería) 4 Analista programador Senior (Departamento de Ingeniería)

*Palabras clave: cartografía, sistemas de información corporativos, 3D, GIS, integración.*

*Resumen:*

*La experiencia obtenida mediante el desarrollo de productos tecnológicos propios y el empleo e integración de diversos sistemas de software comercial, han permitido a Trabajos Catastrales, S.A. (Tracasa) realizar el desarrollo de una nueva plataforma para la explotación y gestión de información 3D. Con este desarrollo se pretende facilitar la integración de procesos de producción de cartografía y la carga de los datos en Sistemas de Información corporativos. Está dirigido tanto a empresas dedicadas a producir la información como a administraciones que contratan a estas compañías, que de esa manera pueden controlar el ciclo completo de la información, desde la especificación de producción hasta la carga en un GIS.*

*La realización de este concepto ha partido de la premisa de emplear una arquitectura y plataforma de tecnología.NET avanzada no dependiente de formatos. Como resultado se obtiene tecnología de producción, base para integración de procesos de producción cartográfica, y componentes software para la integración de la información cartográfica y geográfica en los Sistemas de Información corporativos.*

*La tecnología mencionada, se emplea en el desarrollo de todos los componentes de la plataforma que se mencionan a continuación, y que serán descritos en un apartado posterior:*

- *Catálogo con modelo de datos de producción orientado a objetos.*
- *Motor GIS 3D.*
- *Herramientas de control de calidad.*

*Finalmente, en este artículo se presentan las aplicaciones de esta tecnología, incidiendo en la puesta en marcha de una plataforma orientada a la integración de todos los procesos de producción de información cartográfica 3D.*

## 1. Introducción

La experiencia obtenida mediante el desarrollo de productos tecnológicos propios -SITNA, Visor, etc.- y el empleo e integración de diversos sistemas de software comercial (Intergraph, ESRI, Smallworld, etc.), han permitido a Trabajos Catastrales, S.A. (Tracasa) realizar el desarrollo de una nueva plataforma 3D. Este desarrollo pretende facilitar la integración de procesos de producción de cartografía en un Sistema de Información corporativo, y persigue los siguientes objetivos:

- Automatizar e integrar los procesos de producción cartográfica de acuerdo a un catálogo con especificacio-

nes del modelo de datos (tanto gráfico como alfanumérico).

- Facilitar y potenciar los procesos de control de calidad.
- Proporcionar herramientas de edición multi-plataforma en 3D.
- Asegurar la integración de la información cartográfica en cualquier Sistema de Información Geográfica corporativo.
- En el presente artículo se presentan los fundamentos tecnológicos y aplicaciones potenciales de esta tecnología, incidiendo en la puesta en marcha de una plataforma orientada a la integración de todos los procesos de producción de información cartográfica 3D.

## 2. Fundamentos del desarrollo

La realización de este concepto ha partido de la premisa de emplear una arquitectura y plataforma de tecnología.NET avanzada no dependiente de formatos. Como resultado se obtiene tecnología de producción, base para integración de procesos de producción cartográfica, y componentes software para la integración de la información cartográfica y geográfica en Sistemas de Información corporativos.

### 2.1. Arquitectura y plataforma de tecnología avanzada

La plataforma presenta una arquitectura avanzada que se fundamenta en el empleo de las siguientes tecnologías:

- Desarrollo íntegro en entorno.NET, que implica capacidad multi-plataforma y una facilidad de instalación no conseguida con la tecnología anterior.
- Arquitectura SOA (Service Oriented Architecture), orientada a servicios que permite el acceso de cualquier aplicación a la información corporativa, entendiéndose por servicios tanto el paso de datos como la comunicación entre servicios que coordinen diferentes actividades.
- Componentes programables SDK (Software Development Kit), que permiten al usuario final programar aplicaciones que satisfagan sus necesidades específicas.

### 2.2. No dependiente de formatos

El sistema no emplea ningún formato propietario de datos, sino que garantiza el acceso a diferentes software comerciales con la posibilidad de efectuar lectura y escritura directa de los siguientes formatos nativos: BIN y MDT de Digi21, DGN y DGN v8 de Microstation, DXF y DWG de



AutoCAD, Shapefiles y Geodatabases personales y ArcSDE de ESRI, Oracle SDO de Oracle y FICC del Centro de Gestión Catastral.

### 2.3. Tecnología de producción, base para integración de procesos de producción cartográfica

Basándose en el conocimiento adquirido en los últimos 15 años de todos los procesos de producción cartográfica, se ha implementado una tecnología base orientada a la integración de procesos. Como resultado del empleo de dicha tecnología, se consigue por ejemplo simplificar los procesos de edición al integrar parte de ellos en el propio proceso de restitución fotogramétrica.

### 2.4. Integración de la información cartográfica y geográfica en Sistemas de Información corporativos

La plataforma aporta componentes para la integración de la información geográfica y cartográfica en los Sistemas de Información corporativos, permitiendo que el dato pueda ser explotado como otro dato más.

## 3. Componentes de la plataforma

En su aplicación como herramienta de producción, la plataforma tiene estos tres componentes (Figura 1):

- Catálogo con modelo de datos de producción orientado a objetos.
- Motor 3D.
- Herramientas de control de calidad.

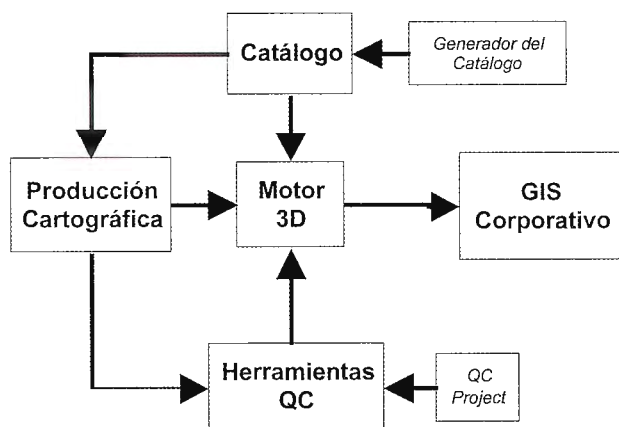


Figura 1: Componentes de la plataforma

### 3.1. Catálogo con modelo de datos de producción orientado a objetos

El Catálogo de Entidades Cartográficas es una aplicación avanzada en la que se recoge el modelo de datos con los contenidos de información, el modo de adquisición, la codificación y la estructura gráfica y de asignación a emplear en los procesos de producción. El modelo de datos mencionado previamente está orientado a objetos, entendidos como objetos gráficos con sus correspondientes atributos -almacenados tanto en el propio objeto como enlazados a bases de datos externas-.

El Catálogo incluye especificaciones del modelo de producción, en las que se definen los criterios de restitución y edición para cada uno de los objetos cartográficos de acuerdo a un modelo integrado y completo, capaz de armonizar la eficiencia de la metodología de captura de datos por restitución con la estructura requerida para su carga en un Sistema de Información corporativo.

Asociado al Catálogo está el generador del catálogo, he-

rramienta clave para permitir la creación y adaptación de especificaciones de producción a emplear en un proyecto determinado.

### 3.2. Motor 3D

Este componente constituye el núcleo de la plataforma y permite visualizar en 3D y editar conforme al Catálogo los objetos creados en una Estación de Fotogrametría Digital, empleando las herramientas de control de calidad. Para su desarrollo se ha empleado tecnología de gráficos OpenGL, que permite visualizar y navegar en 3D información vectorial y raster (Imagen 1) almacenada en una gran variedad de formatos. Tiene además herramientas de importación y exportación, definición de temáticos de usuario, etiquetado de entidades, selección espacial, búsqueda alfanumérica de elementos de bases de datos asociadas y geoprocésamiento.

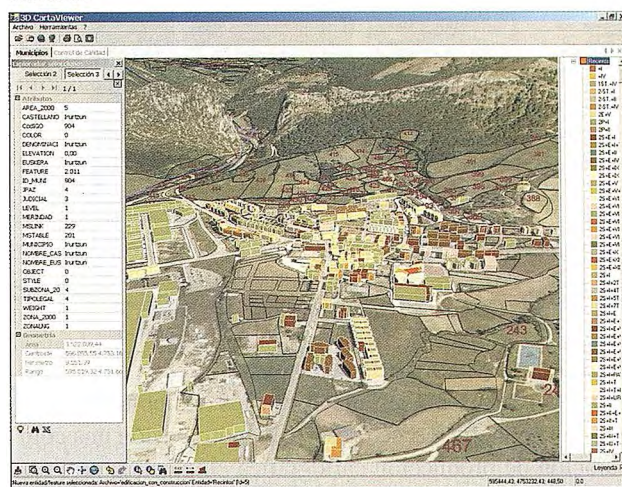


Imagen 1: Interfaz de visualización del componente

### 3.3. Herramientas de control de calidad

La integración de información cartográfica en un Sistema de Información corporativo tiene unas exigencias de calidad en la codificación y estructura de los datos, que impide su carga si no se cumplen. El control de calidad específica los diferentes procesos a realizar sobre cada entidad -concebidos como operaciones de geoprocésamiento- para permitir la integración, y asegura su calidad en cuanto a:

- **Contenidos:** se refiere a la verificación de que en el proceso de restitución fotogramétrica se han recogido todos los detalles y contenidos cartográficos especificados.
- **Precisión planimétrica:** las precisiones en el posicionamiento geométrico de los diferentes elementos restituidos deben estar dentro de la tolerancia admitida.
- **Precisión altimétrica:** se debe comprobar la precisión de la coordenada Z para los elementos tridimensionales.
- **Codificación:** se refiere a la comprobación de los códigos asignados a cada elemento o entidad cartográfica.
- **Calidad gráfica:** entendida como las transiciones de línea recta a arco, inflexiones angulares, tramos rectos y a su perfección de trazado gráfico; así como a la calidad en lo relativo a puntos dobles, líneas duplicadas, etc.
- **Continuidad analítica y estructural:** cuando una entidad cartográfica se compone de diversos elementos geométricos contiguos -tramos-, se ha de garantizar que existe continuidad analítica (posicional) y estructural (mismo código) entre ellos.

- Estructuras: se debe comprobar que se han generado las estructuras complejas requeridas, verificándose la coherencia de la codificación y la continuidad analítica de los elementos simples que la forman. Para garantizar la flexibilidad y adaptabilidad a diferentes proyectos existe un módulo denominado QC Project, que permite el enlace de diferentes procesos de control de calidad. Este módulo presenta la información de errores a los gestores del proyecto empleando informes y representaciones temáticas (Imagen 2).

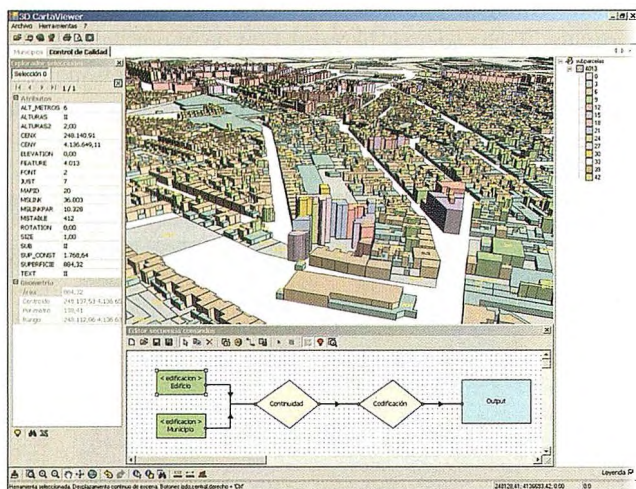


Imagen 2: Control de calidad mediante geoprocesamiento

## 4. Aplicaciones de la tecnología

Una vez expuesta la arquitectura y los componentes básicos de la plataforma, se presenta a continuación una comparación de producción cartográfica empleando esta tecnología respecto de metodologías anteriores, se definen los usuarios potenciales y se detallan las ventajas competitivas derivadas de su uso.

### 4.1. Comparación de metodologías

En la producción de cartografía tradicional, existen dos procesos bien diferenciados, uno de producción de datos, y otro de estructuración y carga en el sistema de información.

En el proceso de producción de datos, el operador de restitución se limita a interpretar y dibujar en su justa posición, exclusivamente lo que está viendo en el par estereoscópico. En la edición, una vez realizada la tarea de revisión de campo, se realizan los siguientes procesos:

- corrección de posibles errores de restitución.
- inclusión de omisiones de la restitución.
- incorporación de información adicional que no es posible obtener en la restitución (número de portal, topónimos, textos de rotulación, etc.).
- depuración y corrección gráfica.
- generación de la estructura de datos especificada.
- asignación de atributos alfanuméricos.
- formación de la «hoja» como producto para su entrega en soporte papel.

Finalmente, se efectúa la estructuración y carga en el Sistema de Información corporativo empleando herramientas específicas para cada proyecto, según lo establecido por el modelo de explotación.

Con la implementación de esta tecnología, en cambio, el control de calidad pasa a estar incorporado en las diversas

fases de la producción, tanto para las empresas productoras, como en los procesos internos de recepción, carga en la base de datos geográfica y posterior mantenimiento y actualización por parte de las administraciones públicas y otras empresas que contraten cartografía. A continuación se presenta un resumen de las diferencias más significativas:

- Se dan las especificaciones detalladas de producción de cada uno de los objetos.
- Para el proceso de restitución se definen los contenidos a recoger, se dan los criterios de interpretación y de modelización de las entidades geográficas existentes en la realidad.
- Para el proceso de edición se especifica la estructura de datos y los criterios para su generación.
- Se especifican los requerimientos de calidad gráfica.
- La integración en el Sistema de Información corporativo es inmediata.

### 4.2. Usuarios potenciales

Está dirigido tanto a empresas dedicadas a producir la información como a administraciones que contratan a estas compañías, que de esa manera pueden controlar el ciclo completo de la información, desde la especificación de producción hasta la carga en un GIS. Como ventajas competitivas destacan las siguientes:

- **Empresas de producción**
- Existe una herramienta única para la especificación de todas las condiciones de producción y control de calidad.
- Todas las herramientas de restitución y edición emplean esa especificación del modelo de datos.
- Existe un paquete completo de control de calidad que emplea la misma especificación y que a su vez se emplea en el módulo QC Project.
- El motor 3D es una herramienta de visualización y edición en 3D.
- Se diseña como un componente programable, que sea flexible para satisfacer todas las necesidades específicas de los usuarios.
- **Administraciones públicas**
- Permite disponer de especificaciones técnicas completas y exhaustivas de todos los elementos formalizadas.
- Toda la especificación de producción es entregable a las empresas de producción para definir la metodología de producción y evitar rechazos por incumplimientos observados en los controles de calidad posteriores.
- Permite configurar procesos de recepción y control de calidad de acuerdo a la especificación de producción, para asegurar la integración en el modelo de explotación.
- Permite la integración inmediata en el Sistema de Información corporativo.

## 5. Conclusiones

El alto valor de la información cartográfica, y en general de la información geográfica, está siendo altamente potenciado mediante su integración en sistemas de información



corporativos que permiten su consulta, análisis y mantenimiento de una manera coordinada. La accesibilidad que aportan estos sistemas, así como la capacidad de acceso integrado a distintas «capas» de información, justifican la adecuación de la información disponible a los mismos.

Por tanto, con carácter previo a este empleo de los datos será necesario realizar controles de calidad y en su caso corrección de la información, con el objeto de garantizar su integración en los sistemas de consulta. Se observan las siguientes ventajas al emplear esta nueva plataforma:

- Estructura adecuada para su carga en bases de datos orientadas a objeto.
- Modelo de datos que permite la utilización de la información entregada por los contratistas de producción directamente por los usuarios finales sin necesitar procesos adicionales ni herramientas especiales.
- Instrucciones específicas de restitución y edición con el objetivo de que existan criterios únicos y homogéneos para la interpretación de la variada casuística.

- Control de calidad exhaustivo.

Para finalizar este artículo, es preciso resaltar la importancia que tiene el empleo de un único catálogo, con el que se consigue que todos los procesos de visualización, restitución y edición empleen el mismo modelo de datos.

## Referencias

- [1] Charte, F., 2002. Programación con Visual C#.NET. Ediciones Anaya Multimedia, Madrid, España.
- [2] Hoel, E. et al., 2003. Building a Robust Relational Implementation of Topology. 8th International Symposium on Spatial and Temporal Databases - SSTD'03, Santorini (Grecia).
- [3] Krafzig, D. et al., 2004. Enterprise SOA : Service-Oriented Architecture Best Practices. Prentice Hall, UK.
- [4] Shreiner, D. et al., 2004. OpenGL Programming Guide. Book News, Inc., Portland, USA.
- [5] Tomlinson, R., 2003. Thinking about GIS: Geographic Information System Planning for Managers. ESRI Press, California, USA.

## Noticias

### Absis es el nuevo Distribuidor Oficial de ER Mapper en España

El pasado 1 de junio de 2005.- Absis, empresa informática especializada en el desarrollo de programas y servicios para la Administración local, ha firmado un acuerdo de distribución con la empresa australiana ER Mapper, especializada en software para el tratamiento de imágenes en satélite (raster), por el que se convierte en Master Dealer (Distribuidor Oficial) de la compañía en España.

Con dicho acuerdo, Absis pretende integrar la tecnología de ER Mapper en sus propias aplicaciones y ampliar su oferta de servicios.

El canal de distribución de ER Mapper en España está basado en una estructura de un único Master Dealer (Distribuidor Oficial) y varios Agentes Autorizados. ER Mapper dispone de un conjunto de avanzados programas para el tratamiento digital de imágenes, teledetección, composi-

ción cartográfica y proceso de radar, creado para ayudar a los que se dedican a las ciencias de la tierra a integrar, realizar, visualizar e interpretar sus datos geográficos.

El programa está implantado en importantes cuentas, entre ellas, INDRA, AENA, Ministerio de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Generalitat de Catalunya, Ministerio de Agricultura o el Centro Geográfico del Ejército.

### Absis

Con veinte años de experiencia, Absis desarrolla y comercializa aplicaciones técnicas y de gestión para ayuntamientos y organismos públicos. Actualmente, cuenta con más de 1.400 clientes, 7 delegaciones y 85 empleados en España. Dada la gran diversidad de proyectos de desarrollo que aborda, la empresa está organizada en tres áreas específicas: Programas de Gestión (Secretaría, Contabilidad y Gestión Tributaria), Urbanismo y SIG (Sistemas de Información Geográfica) y Administración Electrónica.

La compañía cerró el ejercicio 2004 con unas ventas de 4,4 millones de euros, lo que supone un incremento del 12,3% respecto al año anterior. La previsión para 2005 es alcanzar una facturación de 5,2 millones, un 18% más.

**Inversegur tiene soluciones para todas sus necesidades desde la protección de bienes topográficos y cartográficos hasta la constitución de su patrimonio.**

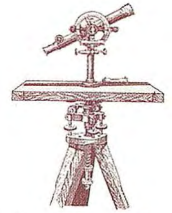
TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA  
AHORRO  
INVERSION  
HOGAR Y COMUNIDADES  
UNIT LINKED  
ACCIDENTES  
VIDA  
PENSIONES  
CAZA  
PYME  
BARCOS  
R. CIVIL  
AUTO MÓVIL  
SALUD  
COMERCIO Y OFICINAS  
DECESOS



**INVERSEGUR ATENZION S.L**  
**SEGUROS E INVERSIONES**  
<http://www.inversegur.info>

Av. de Moratalaz, 86 - 28030 Madrid  
Tel.: 91 328 27 28 - Fax: 91 439 34 09  
E-mail: [inversegur.cb@agencia.axa-seguros.es](mailto:inversegur.cb@agencia.axa-seguros.es)

# Cartas de Carlos Ibáñez de Ibero al francés Aimé Laussedat



MARIO RUIZ MORALES - Ingeniero Geógrafo - Instituto Geográfico Nacional - Profesor de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - Universidad de Granada

## Resumen

La medición de la base de Madrیدهjos fue un acontecimiento geodésico de primer orden en la Europa del siglo XIX. El instrumento empleado para ello, la regla de la Comisión, era el mejor de su tiempo. Se explica así el gran interés que despertó en la comunidad científica internacional tal operación y el prestigio alcanzado por sus dos principales protagonistas: Frutos Saavedra y Carlos Ibáñez, sobre todo. Aimé Laussedat fue el representante enviado por el gobierno francés, a propuesta de su Academia de Ciencias, para que informase sobre una operación de semejante relevancia. La coincidencia de Ibáñez y Laussedat sirvió para que surgiera entre ambos una gran amistad que siempre mantuvieron. Prueba de ella es la colección de las cartas que le remitió Ibáñez y que aquí se comentan por primera vez. Las tres cuestiones principales a que se refiere el futuro Director del Instituto Geográfico son las siguientes: la propia medición de la base, un concurso fotogramétrico convocado por la Academia de Ciencias española y los trabajos geodésicos de las islas Baleares; en ellas y en otras singulares se centra el trabajo que aquí se presenta. Palabras clave: Cartografía, Fotogrametría, Geodesia y Topografía.

MARIO RUIZ MORALES  
Ingeniero Geógrafo- Instituto Geográfico Nacional  
Profesor de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
Universidad de Granada

En su empeño modernizador tendrá Ibáñez de Ibero tanto éxito que en los años inmediatos a la revolución del 68 hará prevalecer en la Administración civil del Estado español lo geográfico sobre lo estadístico, las mediciones territoriales sobre los estudios demográficos y la ciencia pura sobre la aplicación civil o militar de los conocimientos.

MIGUEL ALONSO BAQUER  
(Aportación Militar a la Cartografía Española en la Historia Contemporánea. 1972)

Pocos hombres en Francia han llegado tan alto ante la opinión pública. Contaba entre sus amigos a casi todos los franceses que habían alcanzado notoriedad en el campo de las ciencias, literatura, arte y otros. Optimista y entusiasta por naturaleza, fue uno de los pocos seres afortunados que solo ven el lado positivo de sus semejantes.

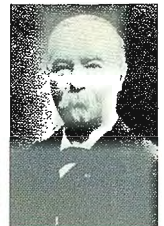
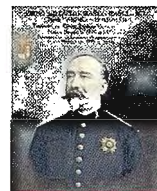
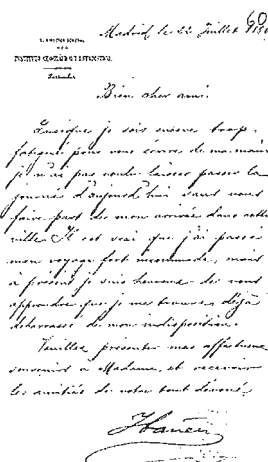
EDOUARD GASTON DEVILLE  
(Colonel A. Laussedat. In Memoriam. 1908)

## 1. INTRODUCCION

No es muy aventurado suponer que Carlos Ibáñez (1825-1891) y Aimé Laussedat (1836-1907) coincidieran en París, cuando en el año 1854, el primero se desplazó allí para visitar los prestigiosos talleres Brunner y discutir todos los detalles constructivos de la regla que había diseñado, junto a Frutos Saavedra, y que luego sería empleada para medir la base de Madrیدهjos. Lo que si está perfectamente documentado es su posterior encuentro en Madrid, pues el gobierno francés comisionó a Laussedat para que informase acerca de dicha medición, la cual había despertado grandes expectativas entre la comunidad geodésica internacional. El propio Ibáñez dio cuenta de ello, al menos en tres ocasiones.

En la primera de ellas, tras mencionar los trabajos realizados por Delambre, Méchain, Biot y Arago, a propósito de la prolongación del meridiano de París, y las dificultades para continuarlos hasta alcanzar las costas argelinas, afirmaba: Por eso las tentativas hechas, por los años de 1858, tanto por mí, como por los coroneles franceses, Sres. Laussedat, de ingenieros, y Sevret, de E.M., para estudiar y preparar la operación recientemente concluida, no die-

ron resultado alguno satisfactorio, por más que de la posibilidad de realizarla no cupiera nunca duda, gracias a las noticias facilitadas por los geodestas españoles, apostados en sitios favorables, y que, desde las cimas de las empinadas cordilleras andaluzas, lograron en diversas ocasiones, aunque siempre inesperadamente y como por casualidad, divisar con sus anteojos los cerros lejanos de la Argelia. El párrafo anterior se ha extraído de la página nº 4 de la siguiente publicación: «Enlace Geodésico y Astronómico de Europa y Africa. Notas presentadas a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, por los individuos D. Carlos Ibáñez y D. Miguel Merino» (Madrid.1880). En relación con esa reseña no puede dejar de subrayarse el hecho, poco divulgado hasta ahora, de que Laussedat participara como observador en los estudios previos o en el anteproyecto del referido enlace.



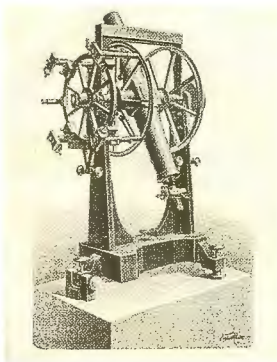
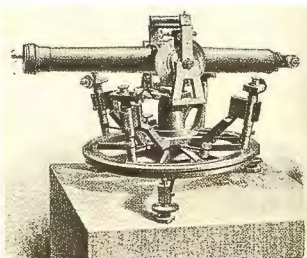
La siguiente ocasión en que Ibáñez hace referencia a Laussedat fue en la publicación internacional que se realizó para dar a conocer todos los pormenores del enlace. La edición se realizó en París, en el año 1886, con el título siguiente: «Jonction géodésique et astronomique de L'Algérie avec L'Espagne, exécutée en comun en 1879, par ordre des gouvernements d'Espagne et de France, sous la direction de M. le Général Ibáñez, pour l'Espagne, et M. le Colonel Perrier, pour la France». Concretamente, en la página II de su introducción se dice : En 1858, à l'occasion de la mesure de la base centrale d'Espagne, dans les plaines de Madrیدهjos, l'un de nous, le colonel Ibáñez, et le capitaine français Laussedat, venu en Espagne pour suivre cette opération importante, se préoccupaient ensemble de la possibilité de réaliser la jonction géodésique des deux continents ; les officiers espagnols avaient, en effet, plusieurs fois aperçu la silhouette des crêtes africaines, pendant qu'ils reconnaissaient les pics les plus élevés du sud de la Péninsule.





Mapa del enlace en la anterior publicación

Esa publicación internacional se tradujo al español dos años después, para incluirla en las Memorias del entonces llamado Instituto Geográfico y Estadístico. En efecto, el tomo séptimo de las mismas va encabezado por ese trabajo, ahora titulado: «Enlace geodésico y astronómico de la (sic) Argelia con España, realizado en 1879, bajo la dirección de los señores: General Ibáñez, por parte de España, y Coronel Perrier, por parte de Francia». La mención a Laussedat se hace en la página sexta, al escribir: Un año después, con motivo de la medición de la base central de España en las llanuras de Madrideojos, uno de nosotros, el entonces Coronel Ibáñez, y el Capitán francés Laussedat, que había venido a España con objeto de seguir la marcha de tan importante operación<sup>1</sup>, se ocuparon, de común acuerdo, en la posibilidad de llevar a cabo el enlace geodésico de ambos continentes, recordando que más de una vez los Oficiales españoles, al hacer el reconocimiento de los picos más elevados del Sur de la Península, habían distinguido desde uno de ellos el contorno de la tierra africana.



Círculo acimutal reiterador (I) y círculo meridiano portátil (D), fabricados en París por los hermanos Emilio y León Brunner.

Ambos fueron utilizados durante el enlace hispano argelino.

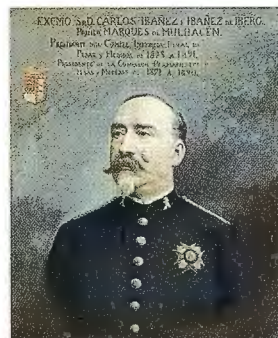
<sup>1</sup> De hecho el oficial francés participó activamente en la medición, así lo prueba el registro de las observaciones efectuadas a lo largo del día 24 de agosto del año 1858, firmado por él y por el geodesta español Quiroga.

A la vista de tales antecedentes, y teniendo en cuenta además los analizados en dos de mis trabajos<sup>2</sup>, llegué a la conclusión de que el conocimiento entre ambos personajes se debió convertir pronto en amistad. Con la ilusión de que se confirmaran mis sospechas solicité la correspondiente información a los Archivos Municipales de Moulins, la ciudad natal de Laussedat. Y así sucedió, pues acto seguido me remitieron la partida de nacimiento del geodesta francés, para continuar después con una colección de fo-

topografías del mayor interés. Es cierto que la importancia de esos documentos es del todo evidente, pues se trata de una serie de cuarenta y nueve cartas que son la prueba irrefutable de la prolongada correspondencia entre el general español y el coronel francés. Todas las cartas se escribieron en un francés encomiable y fueron enviadas por Ibáñez a Laussedat, entre los años 1857 y 1889, es decir durante el periodo en que aquel desarrolló su principal actividad geodésica y cartográfica. La trascendencia científica e histórica de todas ellas es motivo más que suficiente para su inmediata divulgación, de ahí la conveniencia de traducirlas al español y publicarlas después en la correspondiente monografía.

La mayor parte de ellas fueron redactadas por Ibáñez antes de asumir sus responsabilidades al frente del Instituto Geográfico, de hecho solamente se conservan diez de esa etapa de su vida. Madrid<sup>3</sup> con treinta y tres cartas fue la localidad desde la que más se remitieron, a continuación figuran Palma de Mallorca (3), Madrideojos (2), París (2) y con solo una, Barcelona, Berlín, Florencia, Niza, la base del Prat y Valencia; en las tres restantes no aparece el lugar de procedencia. Gran parte de su contenido es estrictamente personal y claro exponente de la profunda amistad que se profesaban. Como es obvio, únicamente centraremos nuestra atención en las partes en que Ibáñez da cuenta de sus inquietudes y proyectos científicos.

Tres son las cuestiones principales que comenta Ibáñez en sus cartas a Laussedat, a saber: la medición de la base central de Madrideojos, el concurso fotogramétrico y topográfico que convocó la Real Academia de Ciencias de España, y en tercer lugar los trabajos geodésicos dirigidos por él en las Islas Baleares. La primera fue imprescindible para dar escala a la entonces incipiente red geodésica española, la cual estaba llamada a ser el soporte en que debería apoyarse el futuro Mapa Topográfico Nacional. La segunda cuestión, mucho menos conocida, supuso el inicio de la investigación fotogramétrica con fines topográficos y, en cierto modo, la consolidación oficial de la misma en nuestro país. El último asunto que comenta es el primero que abordó Ibáñez recién nombrado Director del Distrito Geodésico y Catastral de Levante, culminando definitivamente el enlace continental que habían efectuado antes los franceses y sus colaboradores españoles, entre los que cabe destacar a Chaix y sobre todo a Rodríguez<sup>4</sup>.



Carlos Ibáñez de Ibero y Aimé Laussedat



<sup>2</sup> Laussedat y el comienzo de la Fotogrametría en el Instituto Geográfico (Datum XXI.2004). Laussedat y la Real Academia de Ciencias de España (Topografía y Cartografía.2005).

<sup>3</sup> Aunque sea solo a título de curiosidad, indicaré todos los domicilios dados por Ibáñez, cuando remitía las cartas desde Madrid. En el año 1858: calle de preciados nº 57, principal derecha. En el año 1859: calle del Caballero de Gracia nº 5, 3º izquierda y en el principal del mismo número. Entre los años 1861 y 1865, vivió en la Calle del León nº 31. Los cuatro años siguientes residió en la Calle del Belén nº 15, hasta que a partir del año 1871 se trasladó a la Calle Jorge Juan nº 8, la primera sede del Instituto Geográfico.

4 Los pormenores de la colaboración de este genial geodesta gallego con sus homólogos franceses Biot y Arago se detallan en «Los trabajos geodésicos de D. José Rodríguez González», un artículo publicado en la revista *Topografía y Cartografía del Colegio Oficial e Ingenieros Técnicos en Topografía* (Año 2000). Al finalizar los trabajos en mayo de 1808, la Junta Suprema Central le encargó el oportuno informe, el cual debió ser redactado por Rodríguez a tenor de la petición que formularía su alumno Fontán a las Cortes del año 1838.

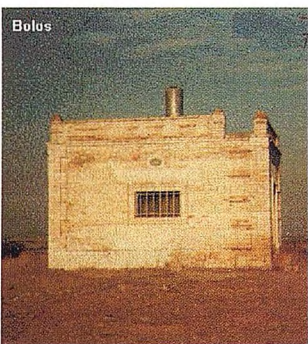
## 2. LA BASE DE MADRIDEJOS

El primero en recomendar la medición de una base central como paso previo a la formación del Mapa de España fue Jorge Juans, y probablemente Antonio de Ulloa, a comienzos de la segunda mitad del siglo XVIII. Otro intento frustrado fue el protagonizado por el cartógrafo Domingo Fontán, el alumno aventajado del matemático Rodríguez, cuando en el año 1834 pretendió extrapolar su experiencia gallega al resto del territorio peninsular; así se desprende de su trabajo «Memoria sobre la formación de los planos topográficos de las provincias y Carta general del Reino». Hubo que esperar casi veinte años para que se creara finalmente la Comisión, al amparo del Real Decreto del 14 de octubre de 1853, que dispuso la ejecución de la red geodésica nacional y su fundamento en una base central en las proximidades de Madrid.

5 El libro «Jorge Juan y sus proyectos para un Mapa de España» (Universidad de Granada, 2005) analiza con detalle sus planteamientos geodésicos y cartográficos, contenidos en un manuscrito de la Real Academia de la Historia y en la Memoria que presentó al marqués de la Ensenada.

6 Frutos Saavedra Meneses era por entonces capitán de Artillería, doce años después ejercía como Director General de Obras Públicas. Al igual que Ibáñez fue una figura clave en la geodesia de su tiempo, así lo hizo ver en su discurso de recepción en la Real Academia de las Ciencias en el año 1861: *El Progreso de la Geodesia*; la contestación corrió a cargo del matemático Vicente Vázquez Queipo

En ese mismo año Carlos Ibáñez y Frutos Saavedra<sup>6</sup> reciben el encargo, como miembros de la Comisión del Mapa, de proyectar el mejor instrumento posible para medirla; decidiendo ambos que debería ser construida en los prestigiosos talleres parisinos de la forma Brunner. La regla resultó ser la más fiable de todas sus contemporáneas, una circunstancia que por sí sola explica la gran expectación que despertó en la comunidad geodésica internacional la próxima medición de Madrivedjos. El principal exponente de la misma fue el hecho de que la Academia de Ciencias de París pensara en enviar un representante suyo a una operación geodésica que consideraba tan relevante.



Casetas construidas en los dos extremos de la base geodésica de Madrivedjos. Una de mis primeras conclusiones al leer las cartas en que menciona de una u otra forma medición de Madrivedjos es que sirven para poner de manifiesto la probidad moral de Ibáñez. Es evidente que en ellas se constata su permanente interés por que Saavedra, especialmente, y los demás participantes mantengan siempre un destacado protagonismo; empleando constantemente el plural al referirse directa o indirectamente a los responsables de esa operación geodésica.

Carlos Ibáñez se enteró que el comisionado francés iba a ser el Capitán de Ingenieros Aimé Laussedat, al habérselo

comunicado a él su principal mentor, es decir el general Zarco del Valle en cuyo haber figura el haber sido el presidente fundador de la Real Academia de Ciencias en España. Sí lo comenta Ibáñez en la primera carta de la colección, remitida desde Barcelona el día 18 de agosto de 1857. En ella le traslada al francés el consejo de que era mejor esperar hasta que él le avisara del inicio de las operaciones, que estaban previstas para la próxima primavera. A comienzos del año 1858 vuelve a escribirle Ibáñez para decirle que se va a comenzar la medición a finales del mes de mayo y que se piensa invertir en ella alrededor de cinco meses. Poco después, ya desde el mismo campamento de Madrivedjos, le recomienda a Laussedat que el mejor mes para venir a España es el de agosto y le comunica que él mismo se trasladará a Madrid para recogerlo.

No se sabe a ciencia cierta cuando llegó Laussedat, aunque debió ser en todo caso pocos días antes del 24 de agosto, pues en tal fecha participó activamente en la medición de un tramo de la base junto al geodesta español Quiroga; así consta en los registros de la misma y en la publicación consiguiente incluida en las Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico (Tomo V. Año 1884). Sin embargo, no fue ese su único trabajo de campo, puesto que Ibáñez le recuerda la observación angular que realizó al visar el campanario de la localidad de Consuegra y poder así comprobar la existencia de un evidente fenómeno de refracción atmosférica. De vuelta a Francia, Laussedat presentó el pertinente informe a quien le comisionó (el Ministro de la Guerra), previa autorización de Ibáñez para que pudiera hacer uso de los datos por él suministrados. Acto seguido comienza a traducir al francés la Memoria de la medición española, cumpliendo de ese modo el encargo que le hicieron tanto Ibáñez como Saavedra.

En las cartas siguientes no se le deja de informar sobre el progreso de la operación, centrándose principalmente en la marcha de las observaciones angulares propias de la triangulación, sin dejar de lado el desarrollo de los cálculos. A finales del mes de noviembre de 1858 ya le comentó Ibáñez la medida provisional de la base, que cifró en 14660 metros. Igualmente es digno de mención la composición del equipo técnico de la Comisión que cita el español: 10 Oficiales (3 de Ingenieros, 2 de Artillería y 5 de Estado Mayor), además de 20 suboficiales y un número no determinado de soldados. Más adelante da cuenta Ibáñez de que estaban usando el teodolito Repsold para las medidas de ángulos, un instrumento recientemente adquirido por la Comisión ante la imposibilidad de contar con el que debería de haber fabricado Brunner.

En esta carta del 29 de marzo de 1859, enviada desde Madrivedjos, aparece una noticia tan sobresaliente como sorprendente y es el hecho de que se hizo una fotografía del campamento instalado en torno a la base. Carlos Ibáñez expresaba su temor a que no hubiera sido demasiado buena por el viento que hacía en aquel momento, aunque a pesar de todo confiara en que sirviera para dar una idea bastante acertada de los accesorios de la medición y como recuerdo para los que habían participado en la operación. Desgraciadamente no consta la existencia de tales fotografías en los archivos del Instituto Geográfico Nacional, es sabido que solo se conserva un grabado de dicho campamento. No obstante, es probable que puedan encon-

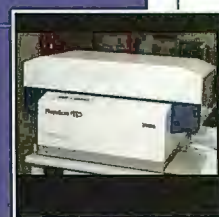


# Marca un reto



Fotografía aérea: color, b/n, infrarrojo. Sensores térmico, lidar, radar. Cámara digital, DGPS, Inercial...

# Nosotros ponemos la tecnología para desarrollarlo



3 aviones fotogramétricos, Sistema de Navegación, 3 Cámaras Rmk – Top, DGPS (Aplanix),  
4 escaners fotogramétricos: Photoscan y Ultrascan, laboratorio...

Apolonio Morales, 5  
28036 Madrid

Tlf: 91.343.19.42 Fax: 91.343.19.43



VUELOS FOTOGAMÉTRICOS  
SENSORES REMOTOS  
GPS  
TOPOGRAFÍA  
FOTOGAMETRÍA  
ORTOFOTO DIGITAL  
CARTOGRAFÍA  
EDICIONES CARTOGRÁFICAS  
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
CATASTRO RÚSTICO Y URBANO  
SERVICIOS DE ESCÁNER Y FILMACIÓN  
AGRONOMÍA  
DESARROLLO RURAL

# www.stereocarto.com

STEREOCARTO, S.L. Paseo de la Habana, 200. 28036 Madrid. ESPAÑA. Tlf: +34.91.343.19.40. Fax: 91.343.19.41. E-mail: info@stereocarto.com.



trarse en Francia, ya que Ibáñez le envió una a Laussedat y otra a Brunner, por mediación de Figuera, quien era el representante en París para todos los asuntos relacionados con la Comisión.

En ese mismo año de 1859 aparece publicado el resumen de la medición de la base, con el título siguiente: «Experiencias hechas con el aparato de medir bases perteneciente a la Comisión del Mapa de España»; casi al mismo tiempo se editó la traducción realizada por Laussedat. Las cartas del resto del año continúan detallando todas las peripicias relacionadas con la traducción anterior, además de comunicar el inicio de la triangulación de la base, con las dificultades propias asociadas a las perturbaciones atmosféricas del verano que tuvieron que vencer los tres operadores responsables, a saber: Saavedra, Quiroga y el propio Ibáñez, pues Monet había sido destinado a la cadena del meridiano de Madrid. La observación angular se terminó a comienzos del mes de noviembre de 1859 y a plena satisfacción de los mismos, a tenor de los errores de cierre que presentó. Con la llegada del año 1860 se abre un paréntesis en la correspondencia que no se cierra hasta el mes de abril del año 1861.

Al finalizar tal año, carta del 5 de diciembre, Ibáñez da cuantiosa información a Laussedat. En primer lugar se refiere a su nombramiento como Académico de las Ciencias<sup>7</sup>, junto a su amigo Saavedra. Inmediatamente después le da cuenta de su matrimonio<sup>8</sup> y de que lo habían hecho Secretario de la Sección Geográfica integrada en la Comisión de Estadística. Sus nuevos cometidos los detalla del modo siguiente: la Geodesia, la Astronomía, el Catastro, la Geología, los Bosques, la Meteorología, etc.; esto es un Instituto Geográfico en ciernes. Es pues obvio que con esa responsabilidad acumularía Ibáñez una experiencia que le resultaría de gran utilidad para su futura actividad profesional al frente de aquel Centro directivo. La última noticia de relevancia de esta carta es la que permite afirmar que Ibáñez<sup>9</sup> fue el primer español en saber el éxito alcanzado por Laussedat con su invento fotogramétrico, especialmente diseñado para sus aplicaciones topográficas, un novedoso procedimiento del que recaba más información al francés para redactar un artículo que pensaba publicar en el Memorial de Ingenieros.

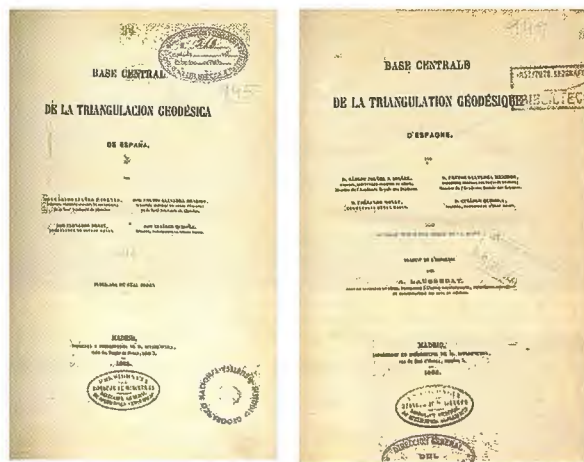
7 Su elección, como académico numerario de la Sección de Ciencias Exactas de la Real Academia de Ciencias, se produjo el día 8 de junio. Su toma de posesión y discurso tendría lugar dos años después.

8 Ibáñez contrajo sus primeras nupcias con la francesa Jeanne Baboullène el día 22 de septiembre de 1861. Once años después se inscribió en el registro Civil la niña Elena Ibáñez Baboullène, nacida el día 4 de diciembre en la calle Jorge Juan 9, sede del Instituto Geográfico. El 13 de abril del año 1878 contrae nuevo matrimonio, con la suiza Cecilia Grandchamp (en este expediente figuraba como viudo de la primera). M<sup>te</sup> Carmen Martínez Utesa se pregunta, en su tesis sobre él, si Elena era realmente hija de Cecilia, y parece muy probable que así fuera, máxime cuando Jeanne aseguró tras la muerte del general que no habían tenido descendencia. El actual marqués de Mulhacén Albert Louis Dupont Willemin, es nieto de Elena y por tanto bisnieto de Carlos Ibáñez de Ibero, primer marqués de Mulhacén, un título que recibió como reconocimiento al éxito del enlace hispano argelino que dirigió. El pico del Mulhacén, el de mayor altitud (3481m) de la península fue uno de los vértices del cuadrilátero geodésico entonces formado y del que se observaron las dos diagonales.

9 En esa carta le comunica Ibáñez a Laussedat que en breve le visitará en París el Sr. Zea, un Oficial de Estado Mayor que pertenecía a la Comisión y que ya conocía de cuando coincidió con él en Madrudejos, y le recomienda que lo atienda como el sabía hacerlo. Zea publicaría dos años después, en 1863, el libro Aplicaciones de la fotografía al servicio militar, que Laussedat calificó como trabajo interesante.

La primera traducción efectuada por Laussedat en relación con esta operación geodésica de Madrudejos, la tituló «Experiences faites avec l'appareil à mesurer les bases. Appartenant à la Comisión de la carte d'Espagne» (París. 1859). El contenido de la obra y los otros informes debidos a Laussedat debieron ser determinantes para que la Academia francesa, en su sesión del día 2 de marzo de

1863, calificase la medición de «memorable operación científica de non plus ultra». Dos años después efectuó Laussedat una nueva traducción: «Base centrale de la triangulation géodésique d'Espagne: par Carlos Ibáñez e Ibáñez, Frutos Saavedra Meneses, Fernando Monet y Cesáreo Quiroga. En esta segunda ocasión publicó el libro la imprenta Rivadeneyra de Madrid. Amabas traducciones se encuentran custodiadas en la sede de la biblioteca central del Instituto Geográfico Nacional (Calle General Ibáñez de Ibero 3. Madrid). En el año 1865 apareció la publicación Base Central de la triangulación geodésica de España, una obra que esperó tanto Ibáñez que, cuando en su carta del 15 de diciembre de 1865, se lo comunicó a Laussedat le añadió: «Espero que pronto no oiré hablar más de ese pueblo tan feo».



Las dos versiones de la BASE CENTRAL DE LA TRIANGULACIÓN GEODÉSICA DE ESPAÑA

### 3. EL CONCURSO DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS

La segunda cuestión de gran interés que aborda Ibáñez en su correspondencia con Laussedat es el premio convocado por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales con el título: «Determinar los errores probables que deben resultar en los planos topográficos deducidos de las perspectivas fotográficas, teniendo en cuenta todas las causas que puedan influir en su producción». La convocatoria del Concurso se efectuó en el mes de junio del año 1862, de manera que España no tardó demasiado en incorporarse formalmente al estudio de la fotogrametría y al de sus inmediatas aplicaciones, por mano del primer presidente de la Academia Antonio R. Zarco del Valle. Al mismo se presentó únicamente una Memoria, que fue presentada en la Secretaría de la Academia el día 18 de abril de 1863, con el lema *Per varios usus artem experientia fecit* (Manilus), *sit modus in rebus*<sup>10</sup>.

El concursante fue precisamente Aimé Laussedat, animado por su ya gran amigo Carlos Ibáñez, confirmándose así mi sospecha de que había sido este<sup>11</sup>. Sin embargo la participación de Ibáñez en este interesante asunto fue mucho más allá, como vamos a tener la ocasión de comprobar. En efecto, las cartas remitidas al francés durante el periodo comprendido entre el 16.6.1862 y el 3.7.1864 dan con todo lujo de detalles las claves de la decisiva intervención del español. En su primera carta se lamenta Ibáñez de que no hubiese recibido la que le había enviado dándole cumplida información sobre la convocatoria fotogramétrica de la



Academia. Poco antes de un mes vuelve a escribirle aconsejándole que no haga saber a nadie más que a él sus intenciones de presentarse, para que así se conserve mejor el anonimato. En el mes de diciembre de ese mismo año 1862 Ibáñez sabía que Laussedat había terminado la Memoria que pensaba presentar a la Academia, un trabajo que le había llevado alrededor de seis meses<sup>12</sup>. En el penúltimo día de ese año se la pide y le comenta los medios para hacérsela llegar a Madrid, es sumamente elocuente su recomendación de que no debía pensar en la Embajada, sus palabras exactas fueron: «Je pense que vous ne devez pas penser à l'Ambassade si vous ne voulez pas perdre votre Memoire». A continuación se ofrece para traducirla al español, poniendo en ello todo su empeño.

10 El lema fue extraído del primer libro Astronómica, una extensa obra del poeta latino Marcus Manilius, contemporáneo de los emperadores Augusto y Tiberio.

11 En el artículo Aimé Laussedat y el comienzo de la Fotogrametría en el Instituto Geográfico, citado con anterioridad, comentaba: Ante los antecedentes que se acaban de exponer, no es aventurado suponer que Laussedat fuese invitado a participar en el Concurso convocado por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Mi principal sospecha es que la invitación la formulase su amigo Ibáñez, cuando todavía no era miembro formal de la misma.



Antonio Remón Zarco del Valle y Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, cuando el segundo ingresó en la Real Academia presidida por el primero.

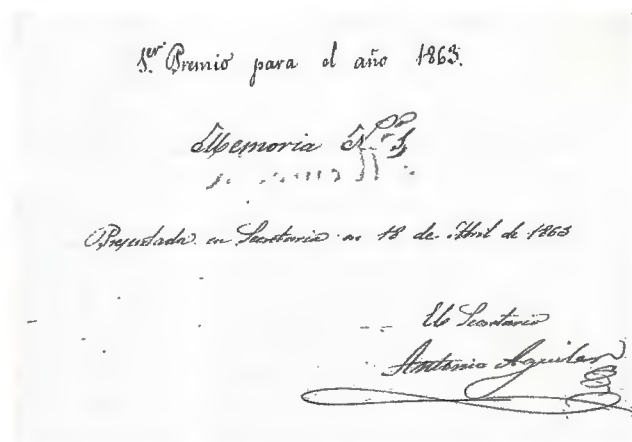
El envío de Laussedat le llegó a Ibáñez al mes siguiente y así se lo hizo saber a aquel en su carta del día 20 de enero de 1863, insistiéndole una vez más en la conveniencia de que no comentase a nadie este asunto, para que de esa forma se mantuviese en secreto el nombre del autor de la Memoria; incluso dice Ibáñez que no piensa hablar de ello a sus amigos Aguilar y Saavedra, también académicos. Inmediatamente después se refiere a los detalles del lema que debía de encabezar la Memoria y al mal ambiente de la Academia, aunque confiara en que se impusiera pronto la razón y se efectuaran los trabajos que demandaba la ciencia. Ibáñez terminó la traducción de la repetida Memoria en el mes de marzo y en su carta del día 28 se brinda a preparar el sobre con el lema, así como a hacerla llegar a la Academia. Allí se conserva un documento firmado por el Secretario de entonces que dice: «Memoria nº 1. Presentada en Secretaría en 18 de Abril de 1863».

Exactas, Físicas y Naturales. Mi principal sospecha es que la invitación la formulase su amigo Ibáñez, cuando todavía no era miembro formal de la misma.

12 Naturalmente este trabajo de Laussedat guardaba estrecha relación con la Memoria que presentó a la Academia de París en el año 1859, cuyo título fue en todo similar al de su homóloga española «Memoria sobre la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos»

Queda pues probado que Carlos Ibáñez estaba al tanto de quien era el único concursante, cuando estaba formando parte del tribunal calificador. No obstante, su comportamiento heterodoxo no empañó en absoluto el reconocido mérito del aspirante. El concurso se resolvió en la sesión celebrada el día 29 de enero de 1864, con un resultado

negativo para Laussedat: ocho bolas negras y siete blancas<sup>13</sup>. No obstante se procedió de inmediato a una nueva votación para ver si el candidato era merecedor del correspondiente Accésit, resultando un total de catorce bolas blancas y una negra. Aunque sea a título anecdótico, no me resisto a indicar que tengo el convencimiento de que en el jurado debía de haber alguien más al tanto de la participación de Ibáñez, máxime cuando la caligrafía de la Memoria guarda tanto parecido con la de las cartas escritas por él. Esa posibilidad podría explicar la bola negra de la segunda votación.



Anotación del astrónomo Aguilar, Director del Observatorio del Retiro durante más de treinta años y Secretario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Como era previsible, la protesta de Ibáñez no se hizo esperar. En su carta del 14 de febrero se lamenta del resultado del concurso de la Academia, aunque no deje de animar a Laussedat, comentándole que había perdido el premio por una sola bola y que había logrado el Accésit. A pesar de tan serio contratiempo, Laussedat intentó, por medio de Ibáñez, que la Academia le publicase la memoria, pero tampoco tuvo éxito. Dos fueron los motivos que le adujo Ibáñez al final del mes de marzo: por un lado se iba a publicar en Francia, en el Memorial de Ingenieros, y por otro no había suficientes Trabajos en la Academia para poder completar el volumen correspondiente. Ibáñez le dio a cambio una buena noticia y es que obraba en su poder la Medalla de oro que le había sido concedida por la Academia, señalándole que no se atrevía a enviársela por miedo a que se extraviara. La medalla se la entregaron a Laussedat los hermanos Brunner, pues a ellos se la confió Ibáñez aprovechando una estancia en París durante el mes de septiembre del año 1864.



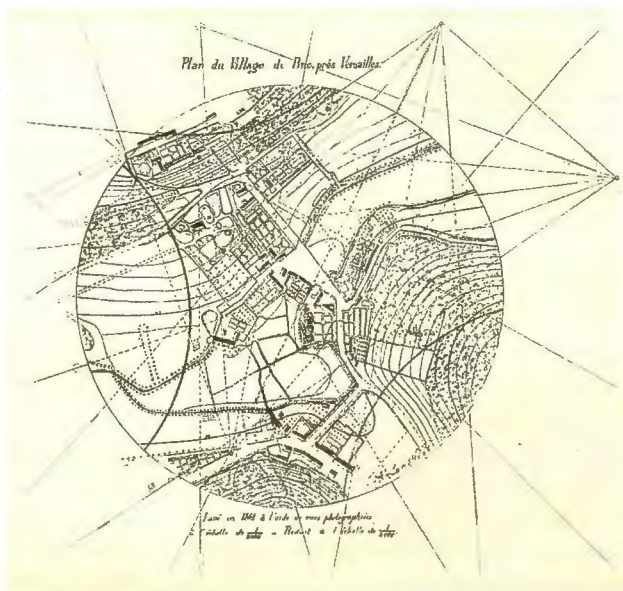
Medalla de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

13 Los pormenores de esta votación se detallan en el artículo Laussedat y la Academia de Ciencias de España (Revista Topografía y Cartografía. Año 2005), en donde se transcribe por vez primera la totalidad de la Memoria de Laussedat; con la salvedad de sus ilustraciones, lamentablemente desaparecidas.

14 Hasta el momento de leer estas cartas estaba sorprendido por el buen español de Laussedat, así lo hice constar en el repetido artículo sobre él y la Academia de Ciencias. Más adelante escribía algo en lo que estaba equivocado: «El único defecto que cabe atribuírsele es su inadecuada acentuación, totalmente disculpable, y sin importancia, cuando se tiene el carácter foráneo del autor».



En el artículo citado en la nota nº 12 se transcribe efectivamente la Memoria de Laussedat<sup>14</sup>, gracias a la amabilidad de la Academia que accedió a proporcionarme una fotocopia de la misma. Tan original documento, traducido del texto francés escrito por aquel, fue manuscrito por Ibáñez como ya es sabido y constaba de 86 páginas. Allí se mencionaba también la desaparición de las ilustraciones en ella contenidas, el propio autor parece explicar tan lamentable negligencia en su obra «Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques», un trabajo monumental estructurado en cuatro capítulos. Concretamente, en la pagina 145 del libro en el que trata de la Metrofotografía, aparece una nota al pie de la misma, relativa a la Memoria, en la que se puede leer lo siguiente: «Ce travail, qui a valu à son auteur une médaille d'or, est conservé dans les archives de l'Académie, dont le secrétaire, que nous remercions ici, a bien voulu nous faire parvenir le plan et les photographies et nous a mis ainsi en état de pouvoir en prendre une copie, alors que nous ne devions plus espérer nous en procurer une, l'original primitif resté à Versailles ayant disparu». Afortunadamente, en esa misma publicación figura impresa una de las principales ilustraciones, la restitución fotogramétrica de Buc, un pueblo en los alrededores de Versailles, empleada por Laussedat para que se comprobase la fiabilidad del nuevo método que preconizaba.



Plano de Buc, el original estaba dibujado a escala 1:1000.

#### 4. LOS TRABAJOS GEODESICOS EN LAS ISLAS BALEARES

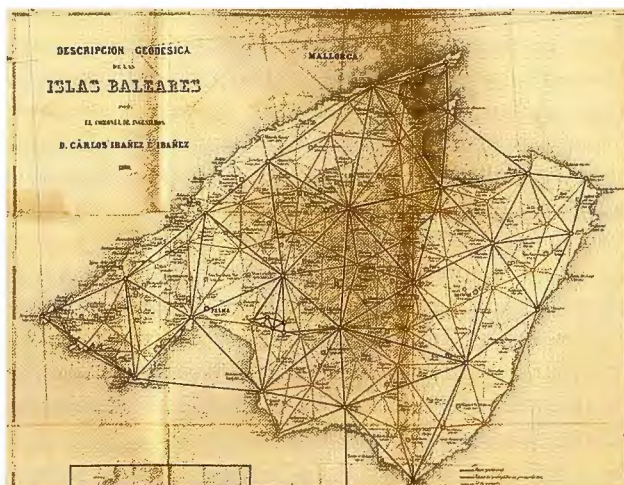
La geodesia insular la iniciaron los franceses dentro del proyecto relacionado con la novedosa y revolucionaria implantación del sistema Métrico decimal. Así fue como se decidió prolongar el meridiano de París, también llamado de Francia, hasta Barcelona y después hasta las costas levantinas, por uno de sus principales protagonistas, el astrónomo Méchain. El fue también el que hizo el primer boceto de enlace continental entre ellas y las islas Baleares, aunque desgraciadamente no pudiera completarlo por su prematura muerte en Castellón de la Plana (1804). El gobierno español propuso entonces al «Bureau des Longitudes» hacerse cargo de la finalización del proyecto, sin embargo el Bureau decidió aceptar la propuesta de Laplace;

de modo que serían Biot y Arago los encargados de seguir con ligeras modificaciones el plan previsto, consiguiendo enlazar las islas con el continente.

A la colaboración efímera de Chaix se opuso la permanente de Rodríguez<sup>15</sup>, durante todo el tiempo que duró la operación, es decir entre los años 1806 y 1808. Si bien los resultados obtenidos mejoraban todas las previsiones y sirvieron para confirmar el valor adoptado para el metro geodésico (en palabras de Ibáñez), la verdad es que el enlace no quedó del todo concluido hasta que intervino este último y logró extenderlo hasta la isla de Menorca. Estas últimas observaciones se desarrollaron durante el periodo comprendido entre los años 1865 y 1885, con un intervalo considerable de inactividad ante el compromiso adquirido con el gobierno francés a propósito de otro enlace mucho más ambicioso, el realizado entre España y Argelia.

<sup>15</sup> Rodríguez estaba estudiando por aquel entonces en París. Al artículo ya citado sobre su obra, conviene añadir otro más reciente (enero de 2005) aparecido en la revista electrónica Biblio 3W, editada por la Universidad de Barcelona. En él se reproduce una comunicación suya al Royal Society en el año 1812, analizando con rigor las observaciones geodésicas realizadas en Inglaterra, Sudáfrica y la India; por esta obra es por la que pasó a la posteridad, no en vano era llamado el sabio español por el francés Delambre.

Ibáñez comienza a referirse a esta tercera cuestión en su carta del 18 de noviembre de 1864, cuando haciendo gala de su gran calidad humana le comunica a Laussedat que la salud de su esposa ha sido determinante para que acepte una nueva responsabilidad: la de director del Distrito Geodésico y Catastral de Levante. El mismo detalla sucintamente que su principal cometido será la dirección de los trabajos geodésicos y topográficos en las islas Baleares y en las provincias de Alicante, Valencia y Castellón. En la misma fecha asegura que dejará Madrid a finales de invierno para incorporarse a su nuevo destino. Es pues en esa época cuando se inicia la estructura periférica del estado en lo que se refiere al conocimiento verdadero del territorio y a su consiguiente representación gráfica, una estructura obviamente anterior a la propia creación del Instituto Geográfico.



Triangulación geodésica de la isla Mallorca, dirigida por Carlos Ibáñez de Ibero.

El relato de los trabajos, propiamente dichos, lo inicia casi un año después (carta del 15.12.1865) desde la base geodésica del Prat, en los alrededores de Mallorca. Gracias a estos trabajos dirigidos, y en parten ejecutados, por Ibáñez se pudo eliminar definitivamente el defecto que había denunciado Rodríguez en su informe sobre las ob-



# Cartografía de Calidad

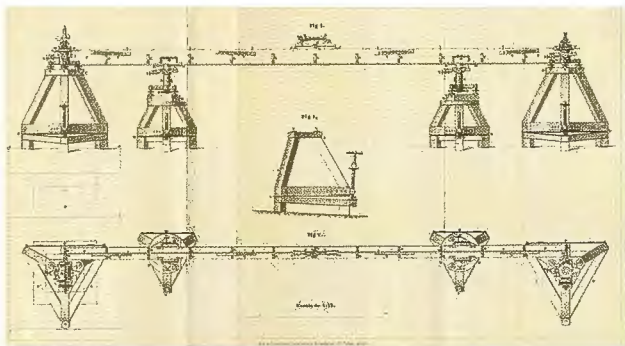
Empresa certificada a la  
calidad NOR ISO 9002



Avda. Hytasa, 38, Edificio Toledo, 1-4º  
41006 SEVILLA  
Tels.: 95 465 57 76 - 95 465 51 27 - Fax: 95 465 57 76  
E-mail: [invar@invarsl.com](mailto:invar@invarsl.com)  
[www.invarsl.com](http://www.invarsl.com)



servaciones insulares: la imposibilidad real de comprobar las dimensiones lineales de la red triangular, por no haberse medido una base en las islas. El flamante director del Distrito de Levante solventó brillantemente el problema midiendo las tres bases siguientes: una en Mallorca (Prat con 2116.496m en el año 1865), otra en Menorca (Mahón con 2359.281m en el año 1867) y la última en Ibiza, con 1664.516m en el año 1868. Estas bases se midieron con su propia regla<sup>16</sup> (también conocida como aparato de Ibáñez), que le habían construido en los ya citados talleres Brunner de París; con ella se consiguió mejorar la operatividad de la que se había empleado en Madrideojos (la regla de la Comisión) y se midieron las bases periféricas de la red peninsular.



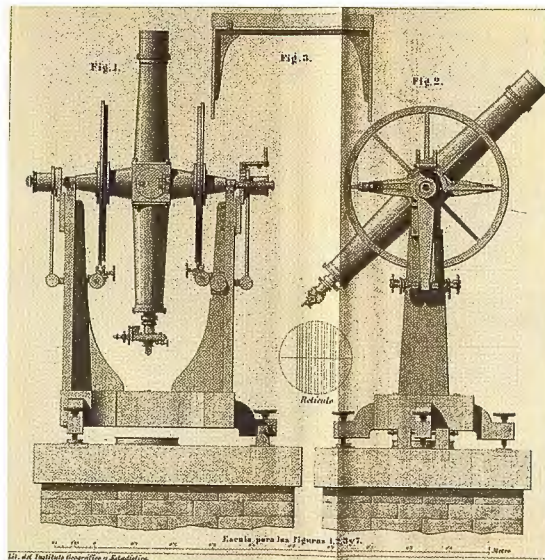
Tres vistas (alzado, perfil y planta) de la regla de Carlos Ibáñez de Ibero, fabricada en París.

En esa misma carta se queja Ibáñez de las penalidades ocasionadas por una epidemia de cólera, para centrarse después en su tarea como triangulador; había terminado la red de primer orden, con sus treinta vértices, y el reconocimiento de todos los triángulos de segundo orden. Otra novedad de tipo cartográfico que aporta el relato es su intención de publicar un mapa de la isla, afirmando que podría servir de modelo para el mapa de un país; sin embargo, se trató solamente de una declaración de intenciones, que no pudo llevar a efecto por la falta de recursos presupuestarios y por nuevas responsabilidades al frente del Instituto Geográfico.

<sup>16</sup> Aunque la regla de Ibáñez era menos exacta que la de la Comisión, también era mucho más barata y rápida en su empleo. No obstante sus características técnicas eran superiores a las de la mayoría de los instrumentos de su tiempo; eso explica que se empleara con profusión en Europa. La base principal de Suiza, cerca de Aarberg, y las dos periféricas, en los alrededores de Weinfelden y Bellinzona, se midieron con el aparato de Ibáñez; tal como detallaban A. Hirsch y J. Dumur en una publicación al efecto. A petición del gobierno inglés se empleó para contrastar la suya en la base de Southampton. Hasta allí se desplazó Ibáñez a finales del mes de julio del año 1869, coincidiendo con Clarke, otra figura clave en la historia de la geodesia; a él se refiere el español cuando le sugiere a Laussedat la posibilidad de presentárselo (Carta remitida desde Madrid el mes de junio de 1870, siendo ya Subdirector de Estadística). Gracias a esa última operación se pudo obtener la rigurosa equivalencia métrica de la yarda, aproximadamente igual a 0.914384103 metros.

A mediados del año siguiente, Laussedat le sugirió a Ibáñez la posibilidad de participar en la campaña balear, pero este se muestra un tanto reacio ante las múltiples trabas administrativas que habría de superar. No obstante, termina solicitando la pertinente autorización al Director General, que este deniega. En su contestación a Laussedat se evidencia un cierto malestar, ante su afirmación de que el trabajo se podría terminar en una sola campaña de observación. Ibáñez le refuta con rotundidad cuando le dice que si pudiese hacerlo en tres se daría por contento. En ese mismo sentido, añade que durante los meses de julio y agosto no se puede hacer nada y que sus esperanzas se centran en septiembre u octubre. Los grandes triángulos

eran también otras de sus preocupaciones, pues no sabía que tipo de proyectores iba a utilizar. Ibáñez tuvo que vencer, en definitiva, unas dificultades análogas a las que ya habían padecido los franceses, principalmente ocasionadas por las peculiaridades geográficas del enlace con el continente; baste decir que durante aquellos trabajos previos, la visual de Camp Vell al vértice Desierto tardó varios meses en poder ser observada.



Vistas del Círculo meridiano construido por Brunner y empleado para calcular la posición astronómica de algunos vértices insulares, así como para determinar el acimut de varios lados de la triangulación.

En su carta del 25 de agosto de ese año 1866 afirma Ibáñez que no tiene tiempo para nada y que ha concentrado los trabajos en la isla de Mallorca, en donde tiene cuatro Brigadas. Menciona por otra parte las dificultades propias del enlace continental sobre el mediterráneo, expresando el temor de que el proyecto no pueda finalizarse hasta dentro de seis años.

Llegados al mes de octubre sigue lamentándose Ibáñez, en esta ocasión, por la inoperancia administrativa que dio lugar a la supresión de los Distritos Geodésicos y Catastrales, y por ende a la suspensión los trabajos geodésicos propios del enlace balear, así como de los levantamientos topográficos que estaban previstos. El motivo no fue otro que la integración del Depósito de la Guerra, encargado ahora de los trabajos del Mapa, en el Cuerpo de Estado Mayor. Pero lo más grave, según apuntaba Ibáñez, era la falta de presupuesto y la consiguiente suspensión de los trabajos.



Enlace balear dirigido por Carlos Ibáñez. (Tomo VI de las Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico. Año 1886)



Sin embargo se debieron reanudar en el año 1867, a la vista de su relato a Laussedat en el mes de julio: siempre pendiente de divisar los heliotropos y andando por altas montañas en compañía de bandas de buitres. A finales del mismo año insiste nuevamente en el retraso de los trabajos geodésicos de las Baleares por la falta de dotación presupuestaria. En la última carta del año Ibáñez se siente abatido pues aún no se había terminado la triangulación insular y realmente el enlace continental ni siquiera se había iniciado.

A pesar de todo las triangulaciones insulares se ultimaron antes de que transcurriera ese periodo, de hecho en el año 1871 se publicó el volumen titulado Descripción Geodésica de las Islas Baleares<sup>17</sup>, figurando Carlos Ibáñez e Ibáñez como autor del mismo. En su introducción da cuenta de que aún no se había realizado el enlace con las costas levantinas ni los planos topográfico-parcelarios de las islas.

<sup>17</sup> Es sumamente interesante el apéndice que contiene este volumen, pues se trata del resumen de las actividades del Instituto Geográfico en sus primeros siete meses de vida; sin embargo su contenido no es del todo conocido. El título del apéndice es Estado de los Trabajos del Instituto Geográfico en 31 de marzo de 1871 y está estructurado en los capítulos siguientes: Trabajos Geodésicos, Trabajos Topográficos, Publicación del Mapa, Trabajos Metroológicos y Contabilidad. De manera que este apéndice es nada más y nada menos que la primera Memoria del Instituto Geográfico firmada por su fundador. La colección formal de las mismas no se inició hasta el año 1875, en que se publicó el primer tomo con un magnífico prólogo de Carlos Ibáñez.

## 5. OTRAS CUESTIONES

Además de las tres cuestiones principales que se acaban de abordar, hay otras singulares también citadas por Ibáñez y que no es conveniente dejar de comentar en el mismo orden cronológico en que lo hizo él. Todas ellas son una clara evidencia de las inquietudes científicas de Ibáñez, nombrándose en muchas de ellas a personajes tan ilustres como Airy, Baeyer, Clarke, Faye, Gauss, Hirsch, Le Verrier, Mädler, Puissant o Quetelet. El primer ejemplo de ello es el referido a las preocupaciones cartográficas<sup>18</sup> de Ibáñez, mostradas cuando expresa a Laussedat su interés en conseguir una memoria dedicada a las proyecciones. El evidente protagonismo de Laussedat en la creación de la fotogrametría como una nueva disciplina topográfica, con múltiples posibilidades, influyó indudablemente sobre Ibáñez que llegó a pedirle presupuesto para adquirir una plancheta fotográfica. La cuestión catastral tampoco queda al margen en estas cartas, pues Ibáñez explica a Laussedat las intenciones al respecto de la Comisión de Estadística general del reino, según la cual los levantamientos catastrales tendrían que apoyarse en triangulaciones de tres órdenes; igualmente cita su acuerdo con Coello en que antes de pronunciarse con más rotundidad sobre un problema tan importante era mejor esperar a que se publicara el reglamento que debía regular la casuística de este tipo de trabajos.

Otra noticia de interés es de índole metroológica, pues se refiere a la contrastación de la regla egipcia<sup>19</sup> con la española, una operación que resultó satisfactoria a pesar del tan poco tiempo empleado para ello. Colaboró con él el astrónomo Ismail Effendy, comisionado al efecto por el virrey de Egipto. La comparación se realizó en una de las salas del Observatorio astronómico del Retiro. Mención especial merece la disquisición que hace Ibáñez a propósito de su altitud. Al parecer, Laussedat fijaba la altitud de Madrid en 608 metros, tal como hacía La Oficina de las Longitudes, en lugar de en los 655 o 660 que proponía

Ibáñez para dicho Observatorio; hasta tanto se emprendieran los trabajos de nivelación de precisión.



Baeyer y Clarke, dos amigos de Carlos Ibáñez y como él figuras indiscutibles en la Geodesia del siglo XIX.

De nuevo retoma Ibáñez la metrología cuando manifestaba a Laussedat que había reclamado a su gobierno la participación francesa en la Asociación Internacional de Geodesia, pues de manera inmediata se refiere a la necesidad de que se supere su aislamiento en una cuestión tan importante como el metro científico, o geodésico según refiere Ibáñez, ante el desconocimiento existente sobre el estado en que se encontraban los prototipos. Siendo Laussedat consciente de la habilidad de Ibáñez para las cuestiones instrumentales, le debió pedir consejo acerca de la construcción de un heliotropo. Así parece deducirse del comentario que se incluye, a ese propósito, en la primera carta remitida durante el año 1859. En ella le comenta Ibáñez que había enviado un dibujo a Brunner, con el diseño del heliotropo que debía de construir y que era análogo a los que recordaría haber visto en la base de Madrideojos; añadiendo «no obstante el Sr. Brunner le ayudará en todo lo que sea preciso».

<sup>18</sup> No hay que olvidar que Ibáñez fue el último responsable de que el Mapa Topográfico Nacional se publicase a escala 1:50000 y de que se dividiera en hojas con unas dimensiones angulares de 10' en el sentido de los meridianos y de 20' en el de los paralelos. A él se debió también el que se considerase plana la parte de superficie terrestre representada por cada una de ellas. Las características de tan emblemático producto cartográfico hicieron que fuera considerado como uno de los ejemplos más perfectos de la cartografía moderna. Así pensaba al respecto el suizo A. Hirsch cuando era Secretario de la Asociación Geodésica Internacional y Director del Observatorio de Neuchâtel.

<sup>19</sup> La regla había sido construida también por Brunner, procurando que fuese idéntica a la de la Comisión del Mapa. La contrastación duró nueve días y sus detalles fueron publicados por Ibáñez y Effendy en la Memoria correspondiente. Un resumen de la misma se encuentra en «Ciencia y Milicia en el siglo XIX en España. El General Ibáñez e Ibáñez de Ibero (pp.75 y 76). Madrid. 1995».

<sup>20</sup> Los trabajos no comenzaron hasta siete años después, colocándose en él la señal NP26 con una altitud de 655.361m; aunque «en previsión de un movimiento» se situaron cuatro más en: la Puerta de Alcalá, Museo del Prado, Ayuntamiento y Palacio Real, formándose así el llamado Polígono de Madrid.

En la misma carta en la que le comunica a Laussedat su intención de hacerse cargo del Distrito geodésico y catastral de Levante, le comunica casi de pasada la aparición de un folleto sobre las nivelaciones geodésicas (Madrid. 1864). Aquí se pone de relieve una vez más la modestia de Ibáñez, pues se trataba de un trabajo realmente riguroso, que aún era citado como referencia muchos años después. Ese fue el caso del gran geodesta alemán F. Helmert<sup>21</sup>, quien lo hizo en su obra más significativa, un tratado de alta geodesia en el que por primera vez se sintetizaban y se sistematizaban los fundamentos físicos y matemáticos de esta rama de las Ciencias de la Tierra.

En el mes de junio de 1870 escribe Ibáñez como Subdirector General de Estadística, un cargo en el que llevaba desde Enero de 1871. En su carta da cuenta de que está al frente de los trabajos geodésicos, catastrales y estadísticos, la antesala más inmediata de su inminente dirección del Ins-



tituto Geográfico. Por otro lado, pone de relieve su carácter al renunciar al sueldo para sí evitar las consabidas maledicencias a favor de unos u otros Oficiales del ejército. Es esclarecedora su afirmación a propósito de los próximos trabajos de Nivelación de alta precisión, manifestando que piensa ordenar su ejecución al modo suizo; indicando que la primera línea sería la que uniría Alicante con el Observatorio del Retiro (recuérdese lo dicho sobre el polígono de Madrid).

21 La referencia se encuentra concretamente en la página 590 del libro *Mathematischen and Physikalischentheorien der höheren Geodäsie* (Leipzig, 1880 y 1884). De la importancia de esta publicación da idea el hecho de que se reeditara en el año 1963.

Poco después expresa también su temor de que un futuro cambio político deshaga lo realizado y que termine como Jefe de Ingenieros en alguna capital de provincia. Un temor totalmente infundado, pues es sabido que permaneció al frente del Instituto hasta octubre del año 1889 en que firmó su petición de dimisión y licencia por enfermedad. Carlos Ibáñez ha sido el Director General que ha permanecido durante más tiempo al frente del Instituto Geográfico, logrando alcanzar con su brillante trayectoria unas metas impensables para sus contemporáneos.

A vuelta de correo le agradece a Laussedat la felicitación y el ánimo por su nuevo nombramiento, dejando caer que está al tanto de algunas de las críticas que se le hacen. Finaliza la carta con una declaración de intenciones que llevaría a efecto dentro de unos meses, en cuanto fuese nombrado Director del flamante Instituto Geográfico. Su afirmación permite suponer que ya era Director in pectore. Concretamente le informa a Laussedat que duda poder viajar a París «sobre todo en este periodo de organización y reformas que me propongo introducir en nuestros servicios», sin embargo al final realizó el viaje que tenía previsto.

La antepenúltima carta de la colección la escribió en Madrid el 19 de febrero de 1871 y le da cuenta a Laussedat de la creación del Instituto Geográfico y de su nuevo domicilio en la Calle de Jorge Juan 8. Ibáñez define el nuevo Centro como un establecimiento científico en el que han sido concentrados todos los trabajos geodésicos, topográficos y metrológicos; siguiendo así las directrices marcadas a primeros de diciembre del año 1869 por el General Prim cuando denunció la conveniencia de que los trabajos geográficos en España se ejecutasen bajo la dirección de un solo centro.



Carlos Ibáñez e Ibañez de Ibero fundador y primer Director del Instituto Geográfico y del Instituto Geográfico y Estadístico. Retrato realizado por Víctor Moya Calvo en 1953. (Galería de Catalanes Ilustres, Barcelona.)

Desgraciadamente se abre aquí un paréntesis demasiado amplio que se cierra con una carta escrita en el verano del año 1880, de forma que no se tiene información epistolar de ese periodo; la carta es la primera en que figura el membrete El Director General del Instituto Geográfico y Estadístico. Siendo plenamente consciente de que no se interrumpió la correspondencia, es muy probable que comentasen, tanto Ibáñez como Laussedat, los entresijos de una operación científica tan relevante como el enlace astronómico y geodésico entre los continentes europeo y africano, máxime cuando fueron ellos dos unos de los primeros en hablar sobre tan interesante posibilidad. El enlace finalizó el 16 de noviembre de 1879 y mereció comentarios tan halagüeños como el recogido en la revista *La Ilustración Española y Americana* (8 de marzo de 1880): «Nuestros geodestas y astrónomos han realizado, sin duda, el trabajo más grandioso que registra la historia de las ciencias, aplicado a la Geografía Matemática, y España y Francia pueden enorgullecerse de la más atrevida de las mediciones terrestres».

De nuevo se interrumpe la correspondencia hasta llegar a la última carta de la colección, escrita desde el Observatorio de Niza el día 21 de diciembre del año 1889. En ella se manifiesta con toda crudeza que los nueve años transcurridos han hecho mella en la salud de Carlos Ibáñez. Resulta doloroso comprobar como se queja de su estado, aunque confiara en recuperarse gracias a los desvelos de su Director y anfitrión, el astrónomo francés Henri Perrotin. Su posición administrativa es del todo patética, a tenor de sus propias palabras: «Aún continúo en la misma situación administrativa que cuando dejé París, es decir mi dimisión no ha sido aceptada ni he recibido el menor reconocimiento oficial ni privado».

22 El observatorio de Niza fue construido gracias al mecenazgo del banquero holandés R. Bischoffsheim, cuyo apellido da nombre a la cúpula principal del mismo, construida por el célebre ingeniero G. Eiffel.



La cúpula Bischoffsheim del Observatorio de Niza y su primer Director, el astrónomo Henri Perrotin.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Álvarez Sereix R., Bellón de Arcos J.: *Aparato de Ibáñez para medir bases geodésicas*. Instituto Geográfico y Estadístico. Madrid. 1889.
- Clarke A.R.: *Tratado de Geodesia*. (Traducción por E. León Ortiz). Editorial Baillo-Bailliere. Madrid. 1910.
- Hirsch A., J. Dumur: *Le Réseau de la Triangulation Suisse. La mensuration des Bases*. Corbaz et Comp. Lausanne. 1888.
- Ibáñez Ibáñez C.: *Descripción geodésica de las Islas Baleares*. Publicada de Real Orden. M. Rivadeneyra. Madrid. 1871.
- Martínez Utesa M. C.: *Ciencia y Milicia en el siglo XIX en España. El General Ibáñez de Ibero*. Instituto Geográfico Nacional. Madrid. 1995.
- Núñez de las Cuevas R.: *Cartografía Española en el Siglo XIX*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid. 1982.
- Ruiz Morales M., M. Ruiz Bustos: *Forma y Dimensiones de la Tierra, síntesis y evolución histórica*. Ediciones del Serbal. Barcelona. 2000.
- Los trabajos geodésicos de D. José Rodríguez González. *Revista Topografía y Cartografía*. Vol. XVII, nº 96 y nº 97. Madrid. 2000.
- Ruiz Morales M.: *El enlace geodésico y astronómico entre España y Argelia del año 1879*. *Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército*. Nº 64. Madrid. 1987.
- Los Ingenieros Geógrafos, origen y creación del Cuerpo. *Centro Nacional de Información Geográfica*. Madrid. 2003.
- Aportaciones del General Ibáñez de Ibero a las Ciencias Geográficas. *Revista DATUM XXI*. Año II. Nº 5. Madrid. 2003.
- Aimé Laussedat y el comienzo de la Fotogrametría en el Instituto Geográfico. *Revista DATUM XXI*. Año III. Nº 9. Madrid. 2004.
- Laussedat y la Academia de Ciencias de España. *Revista Topografía y cartografía* (en prensa). Madrid. 2005.
- Soler T.: *A profile of General Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero: first president of the International Geodetic Association*. *Journal of Geodesy*. Volume 71. Number 3. (1997).



# con **Proyección** mundial

Treinta años de presencia permanente en el mercado han convertido a **AZIMUT S.A.** en una de las empresas más experimentadas del sector. A lo largo de estos años, **AZIMUT S.A.** ha colaborado en el proceso de desarrollo cartográfico de nuestro país, participando en la mayoría de los trabajos de Confección Cartográfica, Obra Civil, Agronomía, Catastro, Teledetección o cualquiera de aquellas actividades en las que fuera necesario un sensor aeroportado.

Desde sus inicios **AZIMUT S.A.** ha ido incorporando y aplicando la tecnología de vanguardia a la realización de vuelos fotogramétricos tradicionales. Este espíritu de constante innovación, unido a la experiencia y reconocida profesionalidad del equipo humano que la compone, garantiza la calidad de los trabajos encomendados.

Para **AZIMUT S.A.**, el objetivo es cumplir las expectativas de sus clientes aplicando los más avanzados medios tecnológicos.

Bocangel, 28 1º. 28028 Madrid

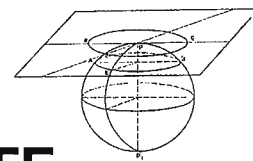
Tel: 91 726 25 09 · Fax: 91 725 78 08

e-mail: [azimut@ctv.es](mailto:azimut@ctv.es)





# CONDICIONES PALEOCLIMATICAS DE FORMACION DE LOS SUELOS DURANTE EL PLEISTOCENO SUPERIOR EN CUBA OCCIDENTAL Y SU CONTRASTE CON OTRAS AREAS DEL PAIS Y EL CARIBE. IMPLICACIONES AMBIENTALES



## Paleoclimatic Conditions of Soils Formation on Western Cuba during Superior Pleistocene and its contrast in relation to other areas of the country and El Caribe. Environmental Implications

Efrén José Jaimez Salgado<sup>(1)</sup>, Fernando Ortega Sastriques<sup>(2)</sup>, Jesús M. Pajón Morejón<sup>(1)</sup>, Jorge de Huelbes Alonso<sup>(1)</sup>

1- Instituto de Geofísica y Astronomía, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Ciudad de la Habana, Cuba.

2- Centro Nacional de Hidrología y Calidad del Agua (CENHICA) Ciudad de la Habana, Cuba.

### RESUMEN

Se presentan nuevas consideraciones sobre las condiciones paleoclimáticas de formación de los suelos en Cuba Occidental durante el Cuaternario a partir de relictos edáficos. Se defiende la hipótesis sobre las oscilaciones climáticas y la coincidencia interglacial - pluvial con predominio de épocas secas durante las glaciaciones. No existe una distribución similar de las neoformaciones calcáreas entre suelos del occidente y oriente de Cuba. En occidente los nódulos de carbonatos secundarios en suelos castaños, son de menor diámetro que sus homólogas orientales y no se observan otras formaciones de paleoaridez, tales como horizontes petrocálcicos. Se sugiere que los suelos de Cuba Occidental, habiendo sido afectados también por oscilaciones paleoclimáticas, pudieron conservar en cambio mayores niveles de humedad en relación con los de Cuba Oriental, los cuales estuvieron sometidos de manera más severa a un paleorégimen hídrico de tipo árido. Las evidencias permiten suponer la existencia de condiciones paleoclimáticas ligeramente más húmedas en la formación de los suelos en el occidente de Cuba en contraste con grandes áreas desérticas en la parte oriental del país. Se comenta la importancia desde el punto de vista ambiental del estudio de estos suelos y su extensión a otras áreas de la región del Caribe.

**Palabras clave:** Cuaternario, relictos edáficos, interglacial, neoformaciones calcáreas

### ABSTRACT

New considerations about the paleoclimatic conditions of soils formation in west of Cuba from edaphic relicts during the Quaternary are presented. It is defended the hypothesis about the climatic oscillations and the coincidence interglacial - pluvial as support of this work. A similar distribution of the calcareous neoformations doesn't exist among soils on the western region and those one on the eastern part of Cuba. In occident, the soft nodules of secondary carbonates in Calcic Kastanozems, are smaller

than their oriental homologous and other formations associated with paleoaridic conditions of soils genesis (like petrocalcic horizons) are not observed here. It's suggested that soils in west of Cuba, having also been affected by paleoclimatic oscillations, could conserve anyway bigger levels of moisture than the others one in the east of Cuba, which were subjected in more severe hydric paleoregimen of aridic type. The evidences found here let us suppose the existence of more lightly humidity paleoclimatic conditions in the soils formation in west of Cuba in contrast with bigger deserts in the oriental part of our country. It's commented the environmental importance of these soils study and their extension in other areas of the Caribbean region.

**Key words:** Quaternary, edaphic relicts, interglacial, calcareous neoformations

### INTRODUCCION

El clima es el factor edafogenético más importante, no sólo gracias a su acción directa sobre el suelo, sino debido a que de él dependen otros factores pedogenéticos como la vegetación y la fauna. En menor grado influye también sobre el tipo de relieve y sobre el carácter de los sedimentos (rocas madres), a partir de los cuales se desarrollan los suelos.

Desde hace algún tiempo, han comenzado a aparecer trabajos sobre la evolución climática de Cuba durante el Cuaternario (Kartashov et al, 1982; Ortega y Arcia, 1982; Ortega y Zhuravliova, 1983; Ortega, 1983). Lamentablemente no ha habido hasta ahora, unanimidad de criterios entre los distintos autores que se han ocupado de este problema y algunos autores incluso, niegan que hayan existido oscilaciones climáticas en Cuba durante el Cuaternario (Kartashov et al, 1981), planteando que sólo existió un cambio brusco de precipitaciones hace 700 mil años, lo cual les permitió dividir el Pleistoceno en húmedo y seco. También plantearon que nunca hubo un período más seco que el Actual. En un trabajo posterior, no niegan



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 MENSÍ 3D ahora forman parte de la familia Trimble. Altamente avanzados y muy potentes. Los escáners MENSÍ 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 MENSÍ pueden ayudarle a ampliar sus posibilidades, visite: [www.trimble.com/mensi](http://www.trimble.com/mensi)

DISTRIBUIDOR EN ESPAÑA:

**S&C**  
Geo-tecnologías

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.santiagoecintra.es](http://www.santiagoecintra.es)



**Trimble**  
[WWW.TRIMBLE.ES](http://WWW.TRIMBLE.ES)



tan rotundamente las oscilaciones climáticas, pero dicen que su amplitud fue pequeña (Kartashov et al, 1982).

Trabajos más recientes han demostrado la existencia de oscilaciones paleoclimáticas en las condiciones del karst de la Sierra de los Órganos, a partir del estudio de simetría de scallops y de la carga fluvial en galerías activas, estacionales, y pretéritas en el sistema kárstico de la Sierra de San Carlos (Pajón et al, 2001). También Pedroso et al (1999 a, b) demostraron recientemente la existencia de oscilaciones paleoclimáticas en Cuba, a partir del desciframiento de la mineralogía magnética (presencia o ausencia de magnetita, maghemita, y hematita) en las formaciones carbonatadas y eólicas del Pleistoceno Superior en el Occidente de Cuba (afloramiento de las formaciones Santa Fe y Jaimanitas, y del paleosuelo que las separa al norte de la Habana), así como por la caracterización de las propiedades magnéticas (susceptibilidad magnética, intensidad de la magnetización remanente natural, etc) en muestras de sedimentos terrígenos de las formaciones geológicas Guevara y Villarroja.

Taylor (1868) fue el primero en considerar que durante las glaciaciones europeas ocurrieron períodos pluviales en África del Norte. Hull (1885) extendió al subtropical el concepto de pluviosidad glacial. Las pruebas pictóricas, faunísticas, y geológicas consagraron también la identidad glacial - pluvial (Caton-Thompson y Gardner, 1929). Se ha considerado asimismo esta identidad en la Gran Cuenca Americana (Gilbert, 1963) y en el área del Caribe se ha determinado en las cercanías de Bogotá (Rubin, 1963). Los climatólogos se han esforzado por explicar las causas que supuestamente aumentaron las lluvias en las latitudes medias y bajas durante las glaciaciones (Schwarzbach, 1963). Por estas razones, el falso concepto de que el avance glacial provocó un aumento de las precipitaciones a escala global se mantuvo desde finales del siglo XIX y ha tenido gran arraigo.

A pesar de lo anterior, han aparecido posteriormente trabajos que contradicen esa hipótesis tan difundida. En ellos se demuestra que en muchos lugares el clima del período glacial fue más seco que el Actual (Fairbridge, 1972; Bonnatti y Gartner, 1973; Bowler, 1977). En otros se explican los mecanismos climáticos que debieron provocar la reducción de las precipitaciones en los períodos glaciales y critican la correlación automática que se ha hecho entre los depósitos aluviales groseros y potentes, y los climas húmedos (Fairbridge, 1968; 1982). Otros investigadores consideran que la elevación del nivel de los lagos no se debió a climas más lluviosos, sino a una reducción de las pérdidas de agua por la evaporación (Butzer, 1963), mientras que demuestran que si bien en algunos lugares aumentaron las lluvias, en otros se redujeron, ya que durante las glaciaciones ocurrió un desplazamiento de la franja desértica hacia el ecuador (Tricart, 1963).

Resumiendo, se puede decir que durante las glaciaciones se acentuó la aridez general del planeta, aunque pudieron aumentar las lluvias en determinados lugares de las latitudes medias (Ortega, 1984).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo tiene como antecedente, el estudio de suelos de los alrededores del karst de la Sierra de San Carlos,

Pinar del Río, en apoyo al Proyecto «Paleoclima del Cuaternario Cubano: Una Caracterización Cuantitativa» desarrollado por nuestro centro, como parte del Programa Nacional de Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano. Con ese fin, fueron realizadas en el área de estudio un total de 13 calicatas y un número no determinado de comprobaciones con barrena de suelos. Una parte de éstas se enviaron al Laboratorio de Química de Suelos del Instituto de Suelos del Ministerio de la Agricultura de Cuba (MINAG) para su caracterización y posterior diagnóstico.

De manera similar, se utilizaron los datos analíticos del Laboratorio de Suelos (un total de 7 muestras de Ferralsoles y Cambisoles Ferrálico) a partir de perfiles obtenidos por nuestro centro para el Estudio Geólogo Ambiental Integral del Municipio La Lisa y del Municipio Playa (Expediente 48/98 Instituto de Geofísica y Astronomía (IGA), inédito). Las técnicas empleadas para el análisis químico de las muestras fueron:

- pH: Método Potenciométrico
- Acidez de cambio: Método de Sokolov.
- Acidez hidrolítica: Método de Kappen.
- Carbonatos: Método Gasométrico.
- Cationes cambiables: Método de Schatschabell.
- Determinación del hierro libre: Método de Deb.
- Determinación del hierro amorfo: Método de Tam
- Determinación del hierro total: Método de ORSTOM
- El análisis de composición granulométrica fue realizado en el Laboratorio de Química y Geología de la Empresa GeoCuba.

Se consultaron otros perfiles de suelos del Instituto de Suelos (17 perfiles de suelos de las unidades Phaeozems y Kastanozems y un sinnúmero de suelos de otros tipos genéticos con información acerca de sus condiciones edafoclimáticas) a partir de una intensa revisión bibliográfica, lo que permitió en última instancia contrastar las características morfológicas y las condiciones paleoclimáticas de la formación de los mismos para Cuba Occidental y Oriental, en base a resultados anteriores obtenidos por otros autores que se citan en el trabajo.

Finalmente, se realizaron para este Resultado un total de 18 caracterizaciones morfológicas de campo en suelos similares distribuidos por debajo de la isoyeta de los 1200 mm/año en la zona comprendida entre Playa Morrillo, Bahía Honda, Provincia de Pinar del Río y Bahía del Mariel, Provincia Habana.

Se utilizó el Sistema de Clasificación de Suelos de la FAO - Unesco (1998), para el diagnóstico e identificación de las unidades de suelos estudiadas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Varios autores han señalado que en Cuba existieron períodos pluviales; las pruebas son principalmente espeleológicas, geomorfológicas, y faunísticas (Núñez Jiménez, 1968, 1969; Acevedo, 1971; Mayo y Kartashov, 1972; Mayo y Peñalver, 1973; Acevedo et al, 1975; Kartashov y Mayo, 1976). Todos ellos consideraron que la pluviosidad coincidió con los períodos glaciales, de acuerdo con la hipótesis paleoclimática global más difundida.



Las principales marcas del mercado. Garmin, Haicom, Navman, Magellan, Arkon, Fortuna, Globalsat, Rikaline, Leadtek...



**Navegadores**

**GPS  
Dedicados**



**Bluetooth**

**Accesorios**



[www.compragps.com](http://www.compragps.com)  
tu tienda GPS en Internet

[www.compragps.com](http://www.compragps.com)

### ALQUILER

Alquila sin compromiso un gps de las principales marcas del mercado y podrás comprarlo sin coste adicional.

### SEMI-NUEVOS

Ofertas en los productos que hemos utilizado para nuestras pruebas y análisis con las mismas garantías que un nuevo.

### COMPRA

El uso doméstico del GPS se extiende y no queremos que te quedes atrás.

### DISTRIBUCIÓN

Contáctanos para distribuir nuestros productos y beneficiarte de las tarifas más ventajosas.

Email: [contactar@compragps.com](mailto:contactar@compragps.com)

Tfno: 91 543 29 30



El descubrimiento de formaciones calcáreas propias de climas áridos (Panos y Stelcl, 1967), obligó a que se considerara la existencia de fases más áridas que la Actual (Núñez Jiménez, 1968). Iguales consideraciones hicieron Acevedo et al (1975) sobre bases geomorfológicas. En ambos trabajos se consideró que la fase árida correspondió con el interglacial, aunque en el último se expresan dudas sobre la correspondencia glacial-pluvial.

Que sepamos, Shanzer et al (1975) fueron los primeros autores que consideraron un clima árido en Cuba durante las épocas glaciales, aunque un coautor inmediatamente negó esa posibilidad (Franco, 1975).

Esta idea fue profundizada después por otro colectivo de autores cubanos (Ortega y Arcia, 1982; Ortega y Zhuravliova, 1983; Ortega, 1983). En esta hipótesis se considera que las fases áridas se correspondieron con las épocas glaciales, y las pluviales a los momentos del óptimo climático posglacial (Ortega y Zhuravliova, 1983), al igual que ocurrió en otras partes del planeta (Brooks, 1963; Street y Grove, 1976), hipótesis que está de acuerdo con otros trabajos realizados en las Antillas y área del Caribe (Van der Hamment, 1963; Bonnatti y Gartner 1973; Veen, 1970; Watts, 1975; Bradbury 1981; Pregill y Olson 1981; Schubert y Medina 1982).

Es conocido que en muchos suelos de Cuba se encuentran neoformaciones calcáreas, formadas en un clima mucho más seco que el Actual (Panos y Stelcl, 1967; Núñez Jiménez, 1968, Ortega, 1979; Ortega y Arcia, 1982); sin embargo se puede afirmar que no existe una similar distribución de estas neoformaciones, en perfiles de suelos de la región oriental y sus homólogos de la parte occidental de Cuba.

Las neoformaciones calcáreas (relictos edáficos), son relativamente inestables, dada la solubilidad del carbonato de calcio. Si la última fase árida hubiera ocurrido en el interglacial de Sangamón, las neoformaciones se hubieran disuelto completamente durante la glaciación de Wisconsin, en el supuesto de que existieron lluvias superiores a las actuales durante unos 70 mil años, cosa que no ocurre así. El clima de casi toda Cuba es tropical (Acevedo, 1981) y los suelos zonales más evolucionados son los Alíticos (Instituto de Suelos, 1999) y los Ferralíticos (Glazovskaya, 1973); sin embargo en Cuba predominan los suelos de color pardo (Phaeozems) y castaños o Kastanozems (Ortega, 1980). Esta contradicción se ha tratado de resolver a partir de varios criterios, entre ellos: el bajo aprovechamiento de las aguas de lluvia por la alta escorrentía superficial y por un llamado proceso de «autofrenaje» (Hernández, 1973; 1978), así como por el hecho de que gran parte de los suelos Pardos y Castaños de Cuba, están o han estado afectados por erosión. Sin embargo, los 70 mil años que duró la última glaciación hubiera sido tiempo suficiente para que estos suelos hubieran evolucionado por lo menos a Fersialíticos (Luvisoles y Cambisoles), bajo el clima glacial-pluvial de las primeras hipótesis. En vez de esto, en los suelos Pardos y Castaños (Phaeozems y Kastanozems) el intemperismo es sialítico y sólo se descubren aquí las fases iniciales del intemperismo fersialítico (Tatevosian et al, 1977).

Shishov et al (1973) y Torres et al (1980) probaron que los principales suelos de Cuba sufren grandes pérdidas de

bases por lixiviación. Durante los períodos pluviales, las pérdidas debieron ser aún mayores. Las épocas áridas son momentos en que los suelos pueden recobrar las bases perdidas, a la par de que muchos suelos Ferralíticos y Ferralíticos (Ferralesoles y Cambisoles), comienzan a sufrir un proceso de «recarbonatación», tal y como se muestra en la Tabla No. 1.

Perfil	Fe (total) Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe (libre) Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe (amorfo)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCL)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>1</sub> / Fe <sub>r</sub> (%)
L-23	14.30	10.36	0.055	7.94	-	0.72	72.44
L-33	14.30	8.58	0.05	5.71	4.80	-	60.00
L-34	15.19	9.47	0.03	7.98	-	0.34	62.34
P-26	10.73	7.33	0.04	6.76	5.83	-	68.31
P-27	10.73	8.76	0.04	7.01	-	0.06	81.64

Tabla I. Horizontes de diagnóstico de Cambisoles ferralíticos y Ferralesoles ródicos recarbonatados (Expediente No.48 / 98 IGA).

Considerando lo anterior y a que en Cuba predominan los suelos saturados o débilmente saturados (Tabla No. 2), la única hipótesis concordante es la de la coincidencia interglacial - pluvial con predominio de las épocas áridas durante las glaciaciones (Ortega, 1984).

Perfil	Ca	Mg	Na	K	CIC (suelo)	CCB	CIC (arcilla)	Grado Saturación (%)
L-23	14.38	0.94	0.25	0.15	14.78	15.72	17.76	-
L-33	7.68	1.43	0.25	0.30	17.14	9.66	20.00	56.35
L-34	15.36	0.16	0.10	0.50	17.24	16.12	31.32	93.50
P-26	19.50	2.22	0.35	0.20	28.14	22.27	35.61	79.14
P-27	18.12	0.50	0.25	0.15	23.84	19.02	30.03	79.78

Tabla II. Complejo de Intercambio y Saturación.  
Leyenda: CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico); CCB (Bases Cambiables) expresadas en cmol (+). kg<sup>-1</sup>

Hernández (1978) plantea que los suelos con carbonatos secundarios de la región oriental poseen perfil AB (ca) C (ca) D (ca) con una profundidad de los horizontes húmicos de 85 cm. El espesor del horizonte superior acumulativo (A) es de 15 - 20 cm. Los carbonatos secundarios comienzan con la profundidad de 20 - 45 cm en forma de pseudomicelios o concreciones aisladas (nódulos). Hacia abajo por el perfil su contenido aumenta y alcanza su máximo en la profundidad de 85 - 100 cm.

Sin embargo, en la distribución de las neoformaciones calcáreas en forma de carbonatos secundarios, no se observa el mismo comportamiento para los suelos de la parte occidental de Cuba, con relación a sus homólogos del Valle del Cauto y del sur de Guantánamo en el oriente cubano.

El análisis de varios perfiles de suelos Castaños (Kastanozems) de la región occidental de Cuba que han conservado relictos edáficos, permite comprobar que en estos casos los nódulos de carbonatos secundarios comienzan a aparecer generalmente a partir de los 60 - 100 cm de profundidad, (por debajo del horizonte B), mientras que sólo en aislados casos los carbonatos secundarios en forma de nódulos suaves de aproximadamente 0.5 cm. aparecen desde el inicio del horizonte B. No se observan a su vez en el perfil de estos suelos del Occidente de Cuba, otras neoformaciones que son típicas de las condiciones de paleoaridez - glacial para la región oriental, tales como son las corazas de carbonatos secundarios (horizontes petrocálcicos) y los pseudomicelios.

Esta diferencia en la distribución de carbonatos secundarios entre los perfiles de suelos castaños (Kastanozems) de Cuba Occidental y Cuba Oriental, obliga a establecer un enfoque diferenciado del problema de las condiciones



# MEDIMOS EL MUNDO



TOPOGRAFÍA  
CARTOGRAFÍA  
CATASTRO

VENTA Y ALQUILER DE  
MATERIAL TOPOGRÁFICO  
SISTEMA DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA

## ATICSA

C/ Servando González Becerra, local 25  
Pza. de las Américas 06011 Badajoz  
Tfno. 924 23 13 11 - Fax 924 24 90 02  
E-Mail: [aticsa@aticsa.net](mailto:aticsa@aticsa.net) - [comercial@aticsa.net](mailto:comercial@aticsa.net)



### MÉRIDA

Avda. Constitución, s/n  
06800 Mérida (Badajoz)  
Tfno. 924 37 41 40

### CÁCERES

Avda. Isabel de Moztezuma, 24-2º  
10005 Cáceres  
Tfno. 927 22 48 77

### PORTUGAL

B. Sra. da Saúde - Alm. Gago Coutinho, 54  
7000 - 727 Evora (Portugal)  
Tfn. 00351 266 740 960



paleoclimáticas de formación de estos suelos en ambas regiones del territorio nacional, tomando en cuenta que los restantes factores de formación permanecen inalterables. Es posible que los suelos de la parte occidental de Cuba, a pesar de haber sido afectados también por bruscas oscilaciones, hayan podido conservar mayores niveles de humedad en relación con sus homólogos del Oriente de Cuba, los cuales parecen haber estado sometidos por tiempo más prolongado a un paleorégimen hídrico del tipo arídico (Jaimez y Ortega, 2001) donde la humedad en la Sección de Control de Humedad del Suelo, nunca alcanza o supera los 90 días consecutivos, de acuerdo a la clasificación de regímenes hídricos para suelos de la Soil Survey Staff (1990). Por extensión, es muy probable que las formaciones vegetales y ecosistemas terrestres de esta parte de nuestro país no hayan sufrido tampoco condiciones de extrema aridez durante los períodos glaciales del continente norteamericano, y el clima en las llanuras del occidente de Cuba haya sido ligeramente más húmedo (con estepas semiáridas interiores, y desiertos costeros incluida la zona de la actual plataforma insular), a consecuencia de una ligera también mayor cantidad de humedad retenida en los suelos durante los períodos glaciales.

Las evidencias encontradas hasta la fecha permiten suponer la existencia de condiciones paleoclimáticas que aunque también áridas, fueron no obstante ligeramente más húmedas en la formación de los suelos en la parte occidental de Cuba, en contraste con mayores áreas desérticas en las llanuras y depresiones fluvio-tectónicas de la parte oriental del país y de la vertiente sur del macizo montañoso de la Sierra Maestra.

Las figuras que se muestran a continuación, ilustran también estas ligeras diferencias de aridez durante el período glacial entre el Oriente y Occidente de Cuba, visto ahora desde el punto de vista del análisis químico.

Fig 1. Valores medios de Mg intercambiable en los Suelos de Cuba

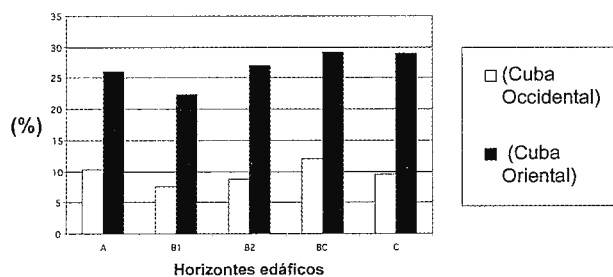
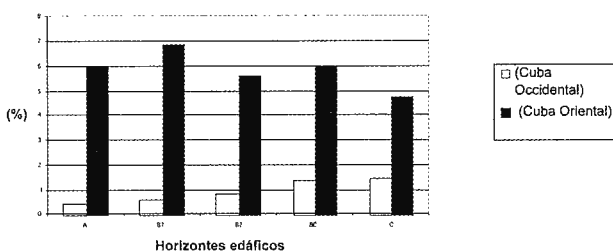


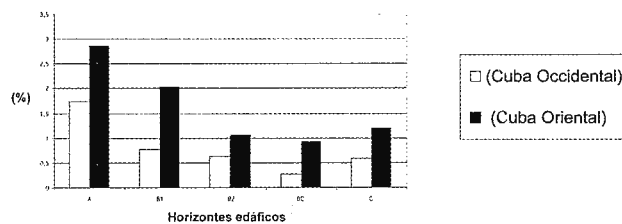
Fig 2. Valores medios de Na intercambiable en Suelos de Cuba



Como se aprecia en las figuras 1 y 2, los valores de Mg, Na, intercambiables resultan muy superiores para los suelos castaños (Kastanozem cálcicos) de la parte oriental del país en relación con los valores de sus homólogos del

Occidente de Cuba. Igualmente sucede con el comportamiento del K intercambiable, como se puede apreciar también en la Fig. 3.

Fig 3. Valores medios de K intercambiable en Suelos de Cuba



La presencia de relictos edáficos en forma de nódulos suaves de carbonatos secundarios con ausencia total de horizontes petrocálcicos en algunos suelos distribuidos por debajo de la isoyeta de 1200 mm/año en el Occidente de Cuba, así como lo expresado en los gráficos anteriores, son elementos que desde nuestro punto de vista atestiguan, que las condiciones de paleoaridez glacial debieron ser ligeramente menos severas en la región occidental del país, en comparación con lo sucedido durante el Pleistoceno superior - Holoceno temprano en las grandes llanuras de la región oriental de Cuba.

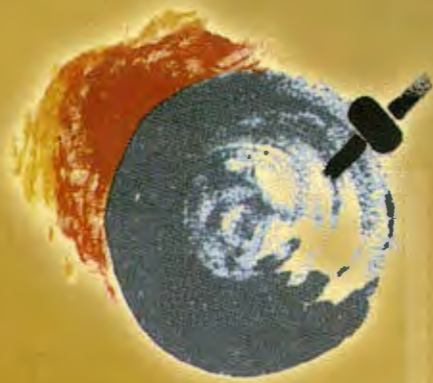


Fig 4. Imagen de un suelo castaño (Kastanozem cálcico) en la Llanura Costera del Norte de Pinar del Río. Se pueden apreciar con nitidez, los pequeños nódulos suaves en forma de puntos blancos a partir del horizonte B del perfil del suelo, constituyendo verdaderos relictos edáficos de un antiguo clima árido en esta zona, de la región Occidental de Cuba.

Las causas que produjeron estas diferencias, pudieran estar en opinión de los autores en una menor evapotranspiración de los suelos y ecosistemas del occidente del país durante las glaciaciones en Norteamérica, debido a una mayor influencia de los frentes fríos y bajas extratropicales.

Es importante señalar, que la presencia de suelos con estas características en algunas zonas costeras de Cuba Occidental, constituye un aspecto de gran interés a la hora de evaluar las implicaciones ambientales que de ello se derivan. La presencia aquí de altos contenidos de Mg, Na, y K intercambiable, así como de sales solubles en el perfil del suelo, constituyen un elemento de peso en cuanto a la vulnerabilidad mayor a la desertificación y la degradación ambiental de dichos territorios, hecho que se repite en mayor grado en el Oriente de Cuba y otras áreas con sue-





**toposat**

**PRECISIÓN,**

**CALIDAD,**

**CONFIANZA,...**

- Levantamientos Geodésicos
- Levantamientos Topográficos
- Implantación y Actualización de catastro
- Cartografía
- Autotriangulación
- Ortofotografía
- Sistemas de Información Geográficos (G.I.S.)
- Estudios de Medio Ambiente e Ingeniería Civil



los similares en la región del Caribe, como la zona ubicada al norte de la cuenca del Lago Maracaibo, a ambos lados del Golfo de Venezuela.

## CONCLUSIONES

1. Dado a que en Cuba predominan los suelos saturados o débilmente desaturados y considerando además la existencia de un proceso evidente de «recarbonatación» de algunos Ferralsoles y Cambisoles ferrálicos, la hipótesis de las oscilaciones climáticas y la coincidencia interglacial - pluvial, con predominio de épocas secas durante las glaciaciones, es la tesis que se defiende como punto de partida en este trabajo.

2. No existe una distribución igual por el perfil de las neoformaciones calcáreas (relictos edáficos) entre los suelos de la región oriental y los de la parte occidental de Cuba. El análisis de varios perfiles de suelos de la región occidental de Cuba que han conservado relictos edáficos, permite comprobar que los nódulos de carbonatos secundarios comienzan a aparecer aquí a partir de los 60 - 100 cm de profundidad, (por debajo del horizonte B Siálico) mientras que sólo en un caso, los carbonatos secundarios aparecen en forma de nódulos suaves de aproximadamente 0.5 cm desde el inicio del horizonte B (entre los 18 - 20 cm).

3. No se observa en el perfil de los suelos Castaños (Kastanozems cálcicos), del Occidente de Cuba, otras neoformaciones carbonatadas muy típicas de las condiciones de paleoaridez - glacial extrema, tales como las corazas de carbonatos secundarios (horizontes petrocálcicos), presentes en la región oriental del país.

4. Es posible que los suelos de la parte occidental de Cuba, a pesar de haber sido afectados también por bruscas oscilaciones paleoclimáticas, hayan podido conservar niveles ligeramente mayores de humedad, en relación con sus homólogos del Oriente de Cuba, los cuales parecen haber estado sometidos por tiempo más prolongado a un paleorégimen hídrico del tipo arídico.

5. Por extensión, es muy probable que las formaciones vegetales y ecosistemas terrestres de esta parte de nuestro país no hayan sufrido tampoco condiciones de extrema aridez durante los períodos glaciales en el continente norteamericano y el clima en el occidente de Cuba haya sido ligeramente más húmedo.

6. Las evidencias encontradas hasta la fecha permiten suponer la existencia de condiciones paleoclimáticas más húmedas en la formación de los suelos en la parte occidental de Cuba, con estepas semiáridas en las llanuras interiores y desiertos costeros, en contraste con grandes áreas desérticas en las llanuras y depresiones de la parte oriental del país y la vertiente sur del macizo montañoso Sierra Maestra.

7. La presencia aquí de suelos con elevados tenores de Mg, Na, y K intercambiables, así como de sales solubles en el perfil, constituye un aspecto importante a la hora de evaluar las implicaciones ambientales que de ello se derivan, ya que esto es un elemento de peso en cuanto a la vulnerabilidad mayor a la desertificación y la degradación ambiental en dichos territorios, cuestión que es repetible en mayor grado en otras áreas similares del Oriente de Cuba y de la región del Caribe.

## REFERENCIAS

- ACEVEDO, M. (1971): Geomorfología de Sumidero y sus inmediaciones. Rev. Tecnol. (3) (4): 33-54.
- ACEVEDO, M. et al (1975): La Cueva del Túnel. Edit. Pueblo y Educación: 74 pp.
- ACEVEDO, M. (1981): Geografía Física de Cuba. Edit. Pueblo y Educación (1): 313 pp.
- BONNATTI, E. & GARTNER, S (1973): Caribbean Climate during Pleistocene Ice Ages. Nature, 244 (5418): 563-565.
- BOWLER, J.M. (1977): Glacial age environments and aeolian episodes: some comparisons from Australian, African and Northern Hemisphere records. In Tenth INQUA Congress. Birmingham: 50.
- BRADBURY, J. P. et al (1981): Late quaternary environmental history of Lake Valencia, Venezuela. Science, 214 (4527): 1299-1305.
- BROOKS, C.E. (1963): Climatic Through the Ages, 2da ed. Londres, 1949: citado por SCHWARZBACH, 1963.
- BUTZER, K.W (1963): The Last «Pluvial» Phase of the Eurafican Subtropics. In Changes of Climate, UNESCO. Lieja: 211-221.
- CATON-THOMPSON, G. y GARDNER, E. W. (1929): Recent work on the problem of Lake Moeris. Geogr. J. (73): 20-60
- FAIRBRIDGE, R. (1968): Glaciation, glacierization. The Encyclopedia of Geomorphology (R.W.Fairbridge, ed.), Reinhold Book Corp. Nueva York: 471-482.
- FAIRBRIDGE, R (1972): Quaternary sedimentation in the Mediterranean region controlled by tectonics, paleoclimates and sea level. In Mediterranean sea, Dowden, Hutchinson Ross, Inc. Estraburg: 99-113.
- FAIRBRIDGE, R. (1982): Historia del Clima de la Tierra. En el Redescubrimiento de la Tierra. CONACYT, México: 233-250.
- FAO - UNESCO (1998): Informe sobre Recursos Mundiales de Suelos. (Leyenda Revisada del Mapa Mundial de Suelos, escala 1: 5000 000), Versión en Español preparada por Caballas y col. Santiago de Compostela: 59 pp.
- FRANCO, R. (1975): Las eolianitas del occidente de Cuba. Acad. Cien. Cuba, Ser. Geol.17: 3-12.
- GILBERT, G. K. (1963) : Lake Bonnevill. U.S. Geol. Survey Montana, 1, 1890: citado por Schwarzbach, 1963.
- GLAZOVSKAYA, M. A. (1973): Los Suelos del Mundo (en ruso). MGU, Moscú (2): 427 pp.
- HERNÁNDEZ, A. (1973): Pardos Tropicales. En Génesis y Clasificación de los Suelos de Cuba, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana: 106-147.
- HERNÁNDEZ, A. (1978): Los suelos pardos del trópico de humedad alternante (Autoreferata). Resumen de tesis en ruso (traducida al Español) para optar por el grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos V. V Dokuchaev, Academia de Ciencias Agrícolas V. I. Lenin de la URSS. Moscú: 4 pp.
- HERNÁNDEZ, A. (1978): Los suelos pardos del trópico de humedad alternante. Tesis para optar por el grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos V. V Dokuchaev, Academia de Ciencias Agrícolas V. I. Lenin de la URSS. Moscú: 210 pp.
- HULL, E. (1885): Mount Sei, Sinai, and Western Palestine R. Bentley, Londres: 227 pp.
- INSTITUTO DE SUELOS (1999): Nueva Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. AGRINFOR. La Habana: 64 pp.
- JAIMEZ, E & F. ORTEGA (2001): Paleorégimen Hídrico en Suelos con Relictos Edáficos. Implicaciones en la Reconstrucción Paleoclimática del Pleistoceno Superior para Cuba Occidental. En IV Congreso de Geología y Minería. La Habana: 11 pp.
- KARTASHOV, I. P. & N. MAYO (1976): Esquema estratigráfico y división del sistema cuaternario de Cuba (en ruso). En sedimentación y formación del relieve de Cuba en el Cuaternario. Nauka, Moscú: 5-33.
- KARTASHOV et al (1981): El Antropógeno de Cuba (en ruso). Nauka, Moscú: 147 pp.
- KARTASHOV et al (1982): Las Correas de Intemperismo de Cuba y Cambios de su Clima en el Pleistoceno (en ruso). En Estratigrafía y Paleogeografía del Antropógeno, Nauka, Moscú: 143-154.
- MAYO, N. & I. KARTASHOV (1972): El problema de las oscilaciones climáticas del Pleistoceno de Cuba. Actas, Inst. Geol., Acad. Cien. Cuba (2): 57-62.
- MAYO, N. & L. PEÑALVER (1973): Los Problemas Básicos del Pleistoceno de Cuba. Ser. Espeleol. y Carsol. (2): 5-47.
- NUÑEZ JIMENEZ, A. et al (1968): Carsos de Cuba. Acad. Cien. Cuba. Ser. Espeleol. y Carsol (2): 5 - 47.
- NUÑEZ JIMÉNEZ, A. (1969): El desarrollo diferenciado del carso en el archipiélago cubano y sus causas. Acad. Cien. Cuba. Ser. Espeleol. y Carsol. (6): 3 - 24.
- ORTEGA, F. (1979): Primer reporte de suelos con corazas carbonatadas en Cuba. Rev. Cien. Agr. (4): 173 -176.
- ORTEGA, F. (1980): Sobre la clasificación de los suelos de color pardo de Cuba. Rev. Cien. Agr. (6): 97-107.
- ORTEGA, F. & ARCIA, M. (1982): Determinación de las lluvias en Cuba durante la glaciación de Wisconsin, mediante los relictos edáficos. Rev. Cien. Tierra y Espacio (4): 85-104.
- ORTEGA, F. (1983): Una hipótesis sobre el clima de Cuba durante la glaciación de Wisconsin. Rev. Cien. Tierra y Espacio (4): 85-104.
- ORTEGA, F. & ZHURAVLIOVA, I. (1983): Crítica de la hipótesis de los «dos» Pleistocenos cubanos, a la luz de la información edafológica. Rev. Cien. Tierra y Espacio (6): 63-85.
- ORTEGA, F. (1984): Las hipótesis paleoclimáticas y la edad de los suelos de Cuba. Rev. Ciencias de la Agricultura (21): 45 - 59.
- PAJÓN, J. et al (2001): Periods of Wet Climate in Cuba: Evaluation of expression in Karst of Sierra de San Carlos. In: Interhemispheric Climate Linkages. In MARKGRAF, V (Ed.) Present and Past Interhemispheric Climate Linkage in the Americas and their Societal Effects. Academic Press, Cap. 13. Orlando: 217-226.
- PANOS, V. & O. STELCL (1967): Carbonate crust and coating on limestone in the seasonally humid tropical climate of Cuba. Ceskoslovensky Kras. (19): 87-100.
- PEDROSO, I. et al (1999): Caracterización de las Propiedades Magnéticas de Algunas Formaciones Carbonáticas y Eólicas del Pleistoceno Superior en la Provincia de Ciudad de la Habana. Posibles implicaciones Paleomagnéticas. VIII Jornada Científica del Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA. La Habana: 28 -29.
- PEDROSO, I. et al (1999): Evidencia de Cambios Climáticos durante el Pleistoceno Cubano, deducidos del Registro de Propiedades Magnéticas de Sedimentos Terrígenos. VIII Jornada Científica del Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA. La Habana: 29 - 30.
- PREGILL, G. & S. OLSON (1981): Zoogeography of West Indian vertebrates in relation to pleistocene climatic cycles. Ann. Rev. Ecol. Syst. (12): 75-98.
- RUBIN, M. (1963): Simultaneity of glacial and pluvial episodes of the Wisconsin glaciation. In Changes of Climate, UNESCO. Lieja: 223-227.
- SCHUBERT, C. & E. MEDINA (1982): Evidence of Quaternary glaciation in the Dominican Republic: some implications for Caribbean paleoclimatology. Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol. (39): 281-294.
- SCHWARZBACH, M. (1963): Climates of the Past. D. Van Nostrand Co. Londres: 328 pp.
- SHANZER, E. et al (1975): Sobre las informaciones costeras del Holoceno en Cuba. Las terrazas pleistocénicas de la Región Habana-Matanzas y los sedimentos vinculados a ellas. Acad. Cien. Cuba. Ser. Geol. (21): 3-26.
- SHISHOV, L. et al (1973): Informe Preliminar sobre la lixiviación de elementos nutritivos en algunos suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar. Acad. Cienc. Cuba. Ser. Caña Azúcar. (60): 3-8.
- SOIL SURVEY STAFF (1990): Keys to Soil Taxonomy. Agency for International Development. United States of America, Department of Agriculture: 422 pp.
- STREIT, F. & A. GROVE (1976): Environmental and climatic implications of late quaternary lake-level fluctuations in Africa. Nature (26) (5559): 385-390.
- TATEVOSIAN, G. et al (1977): Características geoquímicas y génesis de los suelos pardos de los trópicos de humedad alternante (en el ejemplo de Cuba) (en ruso). Trud. In-ta Pochvoved. Agrojim. ArSSR, (12) (2): 3 - 40. • TAYLOR, A. (1868): On the late Amiens gravel. Quart. J. Geol. Soc. 24. London: 103 -125 (citado por Fairbridge, 1968).
- TORRES, A. et al (1980): Vínculos entre el agua de percolación y el balance de nutrientes en suelo Ferralítico Rojo típico con caña de azúcar. Rev. Cien. Agr. (5): 99-108.
- TRICART, J. (1963): Oscillations et modification de caracteres de la zone aride en Afrique et en Amerique Latine lors des périodes glaciaires des hautes latitudes. In Changes of Climate, UNESCO. Lieja: 415-419.
- VAN DER HAMMENT, T. (1963): A Palynological Time Table. Elsevier Publishing Co. Amsterdam: 1 hoja.
- VEEN, A.W.L. (1970): On geogenesis and pedogenesis of the old coastal plain of Surinam (mimeographed). Amsterdam: 170 pp.
- WATTS, W.A. (1975): A late Quaternary record of vegetation from Lake Annia, south -central Florida. Geology (3): 344-346.



# GEÓLOGOS DEL MUNDO

## World Geologist

Avda. Reina Victoria, 8.4º B  
28003 MADRID

Tel.: 91-553 24 03 Fax.: 91-553 03 43

E-mail: [geologosdelmundo@icog.es](mailto:geologosdelmundo@icog.es)

Web: [www.geologosdelmundo.org](http://www.geologosdelmundo.org)

### OBJETIVOS Y ACTIVIDADES

Prevenir desastres naturales  
Mitigar los efectos de los mismos  
Abastecimiento de aguas  
Proyectos de desarrollo  
Formación en Geología Humanitaria

GEÓLOGOS DEL MUNDO es una organización no gubernamental con fines no lucrativos, que quiere poner al servicio de los Países y de sus habitantes más necesitados los beneficios derivados del conocimiento geológico.

Desde mayo de 2001, GEÓLOGOS DEL MUNDO se encuentra incluida entre los Organismos miembros del Convenio Marco con el Programa de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO).

En virtud de la Orden de 28 de mayo de 2003, el Ministerio del Interior ha declarado a nuestra ONG ENTIDAD de UTILIDAD PÚBLICA.

GEÓLOGOS DEL MUNDO cuenta en España con las Delegaciones de Aragón, Asturias, Cataluña y Madrid, así como las de El Salvador, Italia, Suecia y Bruselas.

Pozo Vella Vieja  
CONCHAGUJA  
El Salvador, 2004



## I+D+i EN LOS INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS

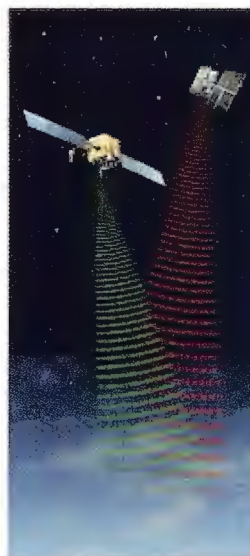
*Por Fernando Sahuquillo, Director Comercial de Topcon España, S.A.*

Hasta hace algún tiempo se utilizaban las siglas de I+D (Investigación más Desarrollo) como herramientas fundamentales para el éxito de cualquier empresa que tuviera como uno de sus objetivos el crecimiento o incluso mantenerse, independientemente de cual fuese su sector. Esto se hacía más cierto si el sector era el de los instrumentos topográficos, debido a su alto componente tecnológico, que exige un mayor esfuerzo en investigar y desarrollar nuevos productos que mejoren alguna prestación sobre los existentes.

Recientemente se ha incorporado a estas siglas I+D una i minúscula, convirtiendo la expresión en I+D+i. Esta i minúscula corresponde a la palabra innovación, entendiendo que no basta con mejorar lo que ya existe sino que las empresas punteras deben aportar nuevas soluciones a sus clientes, inventando y desarrollando nuevos productos.

**Topcon**, como uno de los fabricantes líderes en el mundo de instrumentos topográficos, como Estaciones Totales, receptores GNSS (GPS, GLONASS, EGNOS,...) instrumentos de nivelación láser y sistemas de control de maquinaria (para motoniveladora, dozer, pavimentadora, fresadora, zanjadora, tractores con traillas, ...) ha entendido que debe aportar a sus clientes soluciones realmente innovadoras que les aporten ventajas que se traduzcan en una mayor productividad, facilidad de uso y prestaciones como precisión, velocidad de ejecución, mejora de la calidad, etc.

Esta filosofía de empresa, que incluye la innovación como una de sus herramientas principales, no es en absoluto nueva para Topcon. De hecho Topcon ha sido pionera en muchas de las soluciones que hoy en día se





entienden como estándar en el mercado de instrumentos topográficos. Basta citar como ejemplo los siguientes avances tecnológicos que supusieron verdaderas innovaciones y revolucionaron el sector de los instrumentos topográficos:

- Primera Estación Total del mundo (modelo Guppy) que incorporaba de forma realmente coaxial el eje óptico de puntería y el eje del EDM o distanciómetro electrónico.
- Primer láser de construcción del mundo de Rayo Verde
- Primer sistema de control de maquinaria 3D
- Primer láser de nivelación con alineación automática
- Primer sistema de control de maquinaria con ultra sonido
- Primera estación total con auto focus
- Primer receptor láser de nivelación con monitorización
- Primer sistema automático de excavadora
- Primer sistema GPS topográfico completamente integrado
- Primer láser con tarjeta captadora con escaneado
- Primer sistema de nivelación híbrido digital-líquido
- Primera comunicación óptica para estación total robotizada

Topcon más recientemente ha incorporado *nuevas innovaciones al sector*, entre ellas cabe destacar las siguientes:

## Estación Total GPT-7000 i



***Estación Total con medición sin prisma y puntero visible que incorpora dos cámaras digitales***, una panorámica y otra coaxial, pudiendo captar y almacenar fotografías en formato jpg de los puntos tomados, así como representar los puntos y líneas tomados directamente sobre las fotografías, consiguiendo así minimizar la codificación, el croquis de campo, e incluso con el software adecuado utilizarse posteriormente para generar modelos 3D a partir de las fotografías tomadas desde dos estacionamientos.





## Sistema de Control de Maquinaria 3D mm – GPS



Se trata de alcanzar una **precisión en altimetría de unos pocos milímetros con un GPS**. Para ello se combina un emisor láser y un receptor láser con un receptor GPS RTK. Permite utilizar el sistema para GPS topográfico y para control de máquinas con alta precisión en cota.

## Receptor GPS+ : Hiper XT eXtended Technology

**Receptor GPS que integra en la misma carcasa: Baterías, receptor GPS y GLONASS, receptor y emisor de radio UHF, modem receptor y emisor GSM/GPRS, antena doble frecuencia GPS y GLONASS, antena de radio UHF y GSM/GPRS, conexión bluetooth (sin cables) a la controladora o libreta electrónica.**



Con este receptor, un jalón y la libreta electrónica puede trabajar en una red RTK sin necesidad de ningún otro accesorio, o bien añadiendo otro receptor idéntico y un trípode, dispondrá de una pareja intercambiable para trabajar en RTK con GPS+GLONASS.





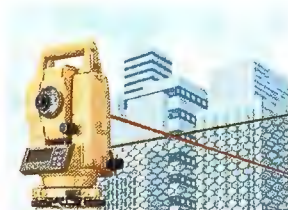
Se trata por tanto de un *receptor integrado, totalmente inalámbrico y Doble* porque tiene:

- Doble **CONSTELACIÓN**: GPS y GLONASS
- Doble **COMUNICACIÓN**: Radio UHF y Modem GSM
- Doble **FUNCIONALIDAD**: Utilizable indistintamente como base o móvil incluso en una red RTK



## Estación Total GPT-3000 LN

Una *estación total con medición sin prisma y puntero visible capaz de medir hasta 300 metros sin prisma con precisión de milímetros, y hasta 1.200 metros SIN PRISMA con precisión de 1 centímetro.*



También es posible controlar el instrumento con una libreta electrónica con bluetooth sin cables, o utilizar el software incluido con su completo teclado alfanumérico.





## Receptor GPS para GIS: GMS-110



Receptor GPS idóneo para alimentar Sistemas de Información Geográfica (SIG), de precisión submétrica y capaz para recibir correcciones diferenciales de Omnistar o de Radio-faros GPS marítimos. Preparado para correcciones del sistema aumentativo europeo EGNOS.

## Sistema de Control de Maquinaria: 3Di GPS+



Sistema para controlar un dozer o un tractor mediante GPS, utilizando tanto los satélites americanos GPS como los rusos GLONASS, ofreciendo así más cobertura, sin tener que parar la producción por falta de señal.

Es posible combinar el sistema solo en modo indicador o visual, o de modo totalmente automático actuando sobre la hidráulica de la máquina.

### **Conclusión:**

Con todas estas novedades aparecidas en los últimos seis meses, **Topcon demuestra su compromiso en seguir investigando, desarrollando e innovando para proporcionar soluciones a sus clientes** que les aporten mayor productividad, seguridad en su lugar de trabajo, facilidad de uso y mejores niveles de calidad en todos los procesos desde proyecto, ejecución y control. **Este es el compromiso del líder mundial en equipos topográficos Topcon.**







## Noticias

### HP Designjet 110plus y HP Designjet 70, las soluciones de impresión en gran formato que proporcionan la máxima versatilidad a un precio asequible

Ambas impresoras presentan una avanzada tecnología para hacer más fácil, rentable y eficaz los trabajos de impresión de los profesionales de Arquitectura, Ingeniería y Construcción

El pasado 11 de mayo de 2005 - HP anuncia hoy el lanzamiento de dos nuevas impresoras de gran formato diseñadas especialmente para los mercados técnicos. Se trata de las nuevas series HP Designjet 110plus y HP Designjet 70, dos nuevas soluciones de impresión que se caracterizan por su avanzado sistema de impresión en color para una gran variedad de formatos de hasta 62'5 cm de ancho y más de 45 m de largo. Gracias a su versatilidad, permitiendo la impresión sin salir de la oficina, calidad, fácil manejo y a sus velocidades de impresión (hasta 90 segundos por página en formato A1), ambas impresoras suponen la respuesta ideal a las necesidades concretas de impresión de los profesionales técnicos.

«Cuando se encargan trabajos de impresión fuera de la oficina o del estudio, se pierde tiempo en la realización de los proyectos, algo que resulta valioso cuando se dispone de poco para la entrega», comenta Emilio Juárez, Director de Impresión Gran Formato de HP Iberia. «Es una gran ventaja poder acortar pasos y controlar todo el proceso de impresión para asegurar trabajos puntuales, de gran precisión de líneas y excelente nivel de calidad. Las nuevas impresoras de HP son la solución ideal para que los profesionales técnicos controlen sus trabajos de impresión con

toda la fiabilidad que proporciona la tecnología de inyección de tinta de HP».

### HP Designjet 110plus, impresión en gran formato versátil y asequible para los especialistas de CAD

Su característica fundamental radica en la posibilidad de alimentación por rollo, ideal para profesionales del diseño técnico que necesitan imprimir en una amplia variedad de materiales hasta 62,5 cm de ancho y más de 45 m de largo. Al igual que su antecesora, la HP Designjet 100plus, los profesionales de CAD pueden obtener trabajos de líneas con alta precisión y textos con imágenes de la más alta calidad. Su cartucho de tinta negra pigmentada HP10 produce líneas densas y oscuras para textos y dibujos de CAD y, los tres cartuchos de tinta en color HP 11 (cian, magenta y amarillo) crean documentos profesionales a todo color.

Por su parte, la tecnología HP de estratificación del color y la posibilidad de imprimir con 1200 ppp de resolución real máxima aseguran líneas de un grosor mínimo de 0,04 mm para dibujos técnicos, alta precisión en la calidad de imágenes y transacciones tonales suaves para documentos de color profesional en la oficina. Dispone de cuatro tipos de carga de papel que soportan una amplia variedad de soportes y tamaños: bandeja estándar, alimentador automático de rollo y carga manual delante y trasera (para soportes de hasta 300 g/m<sup>2</sup>). Su bandeja para soportes en formato A2+ permite cargar hasta 150 hojas y papeles de tamaños desde A6 hasta 458mm x 610 mm.

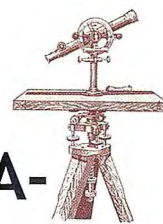
Milite-Venta-Servicio-Técnicos-Certificación-ENAC-Gabinete-Topo-gráfica-Aplicaciones-Informáticas-Estación-Referencia-ETP-S

# S.T. LA TÉCNICA S.A

C/ Juan de Austria 30-28010 Madrid  
Tlf. 91 446 87 04-Fax 91 593 48 83  
E-mail:comercial@latecnica.com  
www.latecnica.com



# «EXPERIENCIAS EN EL PROCESO DE SISTEMATIZACIÓN DEL USO DE LAS VARIABLES VISUALES DE LOS SÍMBOLOS CARTOGRÁFICOS EN LOS MAPAS TEMÁTICOS DIGITALES, PARA GARANTIZAR EL ORDEN VISUAL EN CORRESPONDENCIA CON LA ASIGNACIÓN.»



Ing. Yoel Cuzán Fajardo. U.C.T. GEOCUBA I.C. Ing. Raisa Cabrera Maltseva. TELETRANS.

## Resumen:

La estrecha interrelación dentro del conjunto de las Variables Visuales es indivisible, resulta imposible representar cartográficamente un objeto o fenómeno sin ellas. Es muy difícil garantizar una comunicación cartográfica en el mapa sin tener controlada la combinación de las Variables Visuales. El carácter sistémico de la existencia y combinación de estas variables es evidente, tan evidente como la necesidad de establecer los detalles de esta relación sistémica de manera tal que permita combinarlas controladamente en correspondencia con la comunicación de un objetivo determinado. El establecimiento de un sistema de modulación de estas variables permite lograr la transmisión de la información, a través del ordenamiento visual del conjunto gráfico que la expresa, garantizando la comunicación cartográfica de los mapas temáticos en correspondencia con su asignación.

Con este trabajo de sistematización de la modulación de las Variables Visuales se puede controlar y comprobar la comunicación cartográfica en el conjunto gráfico de los mapas temáticos en correspondencia con su asignación, a través de la construcción de dos Niveles Visuales y la utilización de cuatro Niveles de Medida, con los que se transmite la Organización Jerárquica de los Datos partiendo de sus clasificaciones en función de las diferencias cuantitativas y cualitativas de los valores de sus atributos. Como resultado de este trabajo se forman en los mapas temáticos los Niveles de Organización de la Percepción bajo un rigor científico.

Todo este trabajo garantiza una confección más rápida y segura de los mapas temáticos digitales. Además, le proporciona a los especialistas que no son cartógrafos la posibilidad de confeccionar sus propios mapas con una guía que garantiza la correcta expresión visual de los conocimientos que se proponen exponer en el mapa.

## I. Introducción

En este momento de la historia de la cartografía, nos encontramos a diario con muchos mapas acompañando estudios, investigaciones científicas o solos, contruidos

con la última tecnología en tiempos de realización muy cortos, pero con errores de comunicación gráfica que no permiten la percepción adecuada de la distribución, el estado y los vínculos de los distintos objetos y fenómenos que se representan; mapas que lejos de aclarar confunden. Ejemplos pueden hallarse en muchos sitios de Internet, en las exposiciones de cualquier evento científico, lo mismo en una pantalla digital, que impreso en papel, plástico o transparencias con la mejor técnica Injet o Laser.

Esto se debe desde nuestro punto de vista, esencialmente a que a pesar de haber existido desde antes del desarrollo vertiginoso de las tecnologías de la computación investigaciones serias, sobre comunicación gráfica de los mapas y se continua investigando sobre ello en la actualidad, muy poco de estos resultados se aprecian en los módulos cartográficos que se programan, sigue quedando a la experiencia (si la tuviera) y al análisis subjetivo del especialista que construye el mapa, emplear libremente los nuevos sistemas de herramientas digitales para la cartografía. ¿Qué sucede en cuestión?. La preparación y confección los mapas por los especialistas temáticos se hace auxiliándose de las tecnologías de punta de las geociencias como, los sistemas de posicionamiento global, la teledetección, el procesamiento digital de imágenes, los sistemas de información geográficos y los sistemas de dibujo asistidos por computadoras (aspecto tecnológico del mapa).

La preparación y confección de estos mapas esta caracterizada en su inmensa mayoría, por una documentación inicial de alto conocimiento científico y técnico, creada y recopilada por los especialistas temáticos (aspecto cognoscitivo del mapa); pero, gráficamente son representada de manera incorrecta, por falta de orientación, en cuanto a los elementos de la comunicación gráfica de la propia cartografía (aspecto comunicativo del mapa).

Por tanto, podemos resumir el problema planteando que: Hay una falta de correspondencia entre el desarrollo de la sistematización de los aspectos cognoscitivo y tecnológico de los mapas temáticos digitales y el menor nivel de desarrollo alcanzado en la sistematización del aspecto comunicativo, lo que provoca que la relación sistémica entre



este último y los aspectos cognoscitivo y tecnológico este desorientada, en cuanto, a la sistematización del proceso de diseño de los conjuntos gráficos. Y que la solución de este problema es la sistematización del proceso de diseño de los mapas temáticos digitales, para guiar a los especialistas durante la confección de sus mapas temáticos en cuanto a la comunicación gráfica de sus conocimientos, utilizando las herramientas para el dibujo de mapas digitales disponibles.

## II. Sistematización del uso de las variables visuales.

### Las Variables Visuales

Para lograr la sistematización del diseño de los conjuntos gráficos de los mapas temáticos hay que sistematizar la modulación de las variables visuales como elementos esenciales de la representación gráfica de cualquier objeto o fenómeno en el mapa. Las Variables Visuales a utilizar se pueden seleccionar de acuerdo con el objetivo que se persiga.

Con la variación de ellas quien diseña el mapa puede hacer evidentes las similitudes y diferencias entre las representaciones cartográficas balanceando su contraste y puede hacer que se desplace la información al Nivele Visual deseado. Varios autores se refieren a ellas de forma diferente y consideran un número diferente de ellas. Desde nuestra perspectiva la definición que más se ajusta es la siguiente:

- Son medios visuales que se emplean para variar los símbolos del mapa, o para mostrar relaciones o diferencias que existen entre las diversas clases de símbolos (punto, línea y área). Estas clases de símbolos se utilizan para representar la variedad de los datos espaciales cartografiados, Gómez Rodríguez, H. 1998 [1] y modificada por el autor.

Las variables visuales constituyen hasta el momento la unidad mínima, indivisible, para la representación y lectura de la información en el conjunto gráfico del mapa.

Según Robinson, A. H, et.al. 1984 [2], al igual que existe una cantidad casi ilimitada de formas en que se pueden combinar los sonidos del habla para la comunicación audible, casi no existen límites para las formas en que podemos combinar los elementos gráficos (Variables Visuales, aclaración del autor) para la comunicación visual.

Luego de varios análisis con los expertos y la investigación bibliográfica realizada en Beliant, A.M. (1991) [3], (1983) [4], (1991), Bertim, J. (1983)[5], Robinson, A. H, et.al. 1984 [6] entre otros, determinamos que en esta investigación para el caso de los mapas temático es factible asumir el estudio del comportamiento de cinco Variables Visuales fundamentales en cualquier conjunto gráfico, el color, la forma, el tamaño, la orientación y el espaciamiento. Veamos ahora una breve explicación de las características y uso de estas variables dentro de los objetivos que nos proponemos:

- Forma:

Es el medio gráfico a través del cual se puede crear o distinguir la apariencia peculiar del contorno de los símbolos. Su variación esta condicionada de manera general por el modo de implantación y la generalización cartográfica.

La variación de la forma permite a así una calificación precisa de los objetos y, por consiguiente, establecer relacio-

nes de similitud entre ellos; subraya las semejanzas y facilita la identificación de los caracteres locales. Sin embargo, no es fácil la percepción visual inmediata, sobre el mapa, de las diferencias de forma y sus agrupaciones. La variación de la forma es, por tanto, un medio poco adecuado para la diferenciación y la regionalización Joly, 1979 [6].

- Tamaño:

Es el medio gráfico con el que se puede establecer y reconocer las dimensiones de la superficie que ocupa el símbolo, dentro de la superficie total del conjunto gráfico del mapa.

Por lo general mientras mayor es el símbolo, más importante se supone que sea, Robinson, A. H, et.al. 1984 [6].

Para garantizar una buena selección cuantitativa, se aplica una escala semiótica a los tamaños de los símbolos de igual configuración geométrica, pictórica o convencional, de manera que no sobrepase cinco niveles de variaciones gráficas para posibilitar una mejor percepción visual, Gómez Rodríguez, H. 1998 [1].

La percepción sensible viene dada por la modulación de la superficie del símbolo, que debe ser proporcional a la variable que se requiere representar. La variación del tamaño es una variable fuerte, muy perceptible, que permite una buena selección de los caracteres de los objetos; pero naturalmente, adquiere toda su eficacia cuando esta selección se hace sobre dimensiones diferentes. Puede representar convenientemente una distribución ordenada, pero es prácticamente el único modo de expresión posible en cuanto a una comparación entre cantidades proporcionales, Joly, 1979 [6].

- Orientación:

Es el medio gráfico mediante el cual se fija y percibe la dirección de cada signo dentro del conjunto gráfico del mapa, con respecto al borde superior del marco del mapa. En ocasiones los mapas impresos no se les hace marco, destacándose solo el limite de un área irregular con el objetivo de aprovechar el espacio disponible para la distribución de las masas visuales; en tal caso la orientación de los signos puede hacerse con referencia al borde superior del formato nominal de la hoja.

Es posible darle a un signo puntual orientaciones diferentes, aunque en número limitado, si han de distinguirse claramente. Un trazo puede ser vertical, horizontal, o inclinado hacia la derecha o a la izquierda; un triángulo puede tener su base arriba, abajo, a la derecha u a la izquierda; un semicírculo puede ser cóncavo o convexo, con relación a una dirección dada. La única figura no orientada es el círculo, aunque puede llegar a serlo, si se dibuja uno de sus diámetros. De igual modo una zona o una línea suficientemente gruesa pueden ser sombreadas en diferentes sentidos, mediante líneas verticales, horizontales oblicuas. La orientación del símbolo no tiene ningún efecto especial de clasificación o de ponderación, pero constituye una buena variable selectiva, que puede emplearse como sustituto del color, sobre todo en la representación de áreas.

En la puntual, permite asociar fácilmente en subgrupos de símbolos por otra parte completamente similares. Joly, 1979 [6].

Para lograr un mejor efecto visual, se recomienda orientar y colocar las tramas, o según el caso, dibujar las líneas con



5 ángulos: 0°, 30°, 60°, 90° y 180° para que la variable cumpla su finalidad. Esto permite mejorar la interpretación de la información temática cualitativa, Gómez Rodríguez, H. 1998 [29].

- **Color:**

Es el medio gráfico con el que se puede asignar y percibir el matiz, el valor y la intensidad de los signos en el conjunto gráfico del mapa.

El matiz, el valor y la intensidad, son los elementos principales mediante los cuales se puede definir un color. La elección del matiz, es la elección de una longitud de onda determinada, o del resultado de la combinación aditiva o sustractiva de algunas de ellas. La selección del valor, es la elección de la brillantes (la claridad y oscuridad) con la que se percibe el matiz de un color. La intensidad, es el resultado de la combinación del matiz con grises o blanco, variando la pureza con que se percibe el color.

El color en un gráfico permite un mayor grado de detalles; el mismo le adiciona interés visual, incrementa las posibilidades de diseño y agrega posibilidades a las estructuras jerárquicas gráfica. A causa de que el color puede ser usado con toda eficiencia para codificar las similitudes y diferencias entre conjuntos limitados de clases de fenómenos o dentro de ellos, constituye una gran ayuda a la nitidez, Robinson, A. H, et.al. 1984 [6].

Al contemplar símbolos coloreados, lo primero que el ojo percibe es esta diferencia entre sus longitudes de onda y, por tanto, la diferencia de sus colores. El color es por ello una excelente variable selectiva. Pero como, instintivamente, la mente percibe igualmente bien la analogía entre símbolos de colores afines, esta variable es también muy adecuada para subrayar semejanzas y facilitar la subagrupaciones, Joly, 1979 [6].

- **Espaciamiento**

El espaciamiento es el medio gráfico mediante el cual se puede fijar y percibir la separación de la granulometría y símbolos que componen una representación cartográfica.

Cuando un signo está conformado por una disposición de marcas componentes, como una serie de puntos o líneas, el espacio entre ellas puede variar. Un espaciamiento fino exhibe marcas muy cercanas; esto contrasta con un espaciamiento basto o raro Robinson, A. H, et.al. 1984 [6].

La variación de la trama del símbolo hace que este tome claramente aspectos diferentes, aunque no varíen ninguna de sus otras Variables Visuales. Es más evidente desde el punto de vista perceptivo, que el color, en ocasiones. Además, se presta bien para a las agrupaciones por similitud. Por ello, se utiliza para poner en evidencia fácilmente los subgrupos, sobretodo si se asocia a otra variable, como la forma o el color. De modo secundario, puede utilizarse, como el tono, para una buena clasificación de una serie ordenada, basándose en la progresión del número de símbolos elementales Joly, 1979 [6].

**Las Clases de Símbolos**

La condición topológica de los objetos y fenómenos a la escala del mapa, es la que marca el inicio de sus representaciones cartográficas. Según su condición topológica de punto, línea o área se le asignan a los objetos las Clases de Símbolos puntuales, lineales o de superficie que lo representaran respectivamente en el conjunto gráfico. Las rela-

ciones de las representaciones a la escala del mapa de los objetos y fenómenos con las Variables Visuales que las componen, se pueden ver ilustrada mejor en la Figura 1.

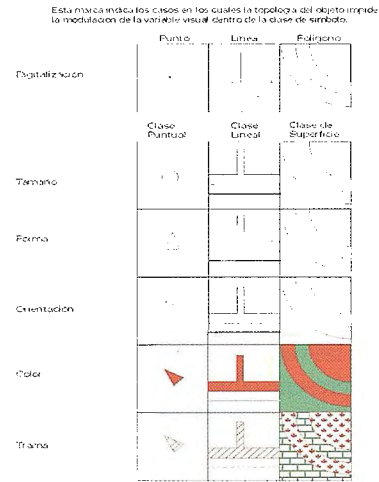


Figura 1

Como se puede ver en la Figura 1, al digitalizar un mapa utilizando puntos líneas y polígonos, se forma un Conjunto Gráfico en el cual las posibilidades de modular las variables visuales son muy escasas.

Solo podría variarse el tamaño de los puntos, el de las líneas en una sola dimensión (el ancho) y el color en todos los casos. En este conjunto gráfico existe un orden visual, pues los puntos, líneas y polígonos se ven con diferentes grados de percepción. Aunque este orden no obedezca a un objetivo específico, refleja el resultado de uno de los aspectos de las generalización cartográfica, la reducción proporcional a la escala del mapa de las representaciones de los objetos y fenómenos.

Estas son las causas por las cuales, es necesario utilizar las clases de símbolos que nos permiten aumentar las posibilidades de la comunicación cartográfica y poder establecer relaciones lógicas entre las representaciones cartográficas y las características cuantitativas y cualitativas de los objetos y fenómenos que representan, como se ilustra en la Figura 2. tomado de Gómez Rodríguez, H. (1998)[1]; en ella se aprecian ejemplos concretos por separado de las posibilidades de modulación de las variables visuales en cada clase de símbolos

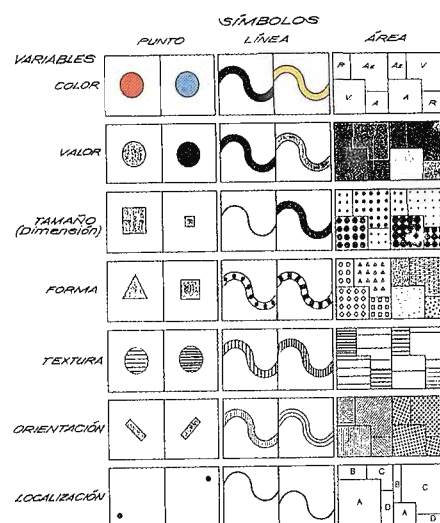


Figura 2



Analizando primero el ejemplo de la modulación de la Variable Visual Tamaño en la clase de símbolo de área, se aprecia como variando el Tamaño de las figuras con las que se cubre al superficie del área cambia la percepción visual de la misma expresando la comunicación de un cambio en una de las características de la información que se representa.

Para esto se varió el Tamaño de las figuras manteniendo constante su Forma, Color, Orientación y Espaciamiento. También, se ve como dentro de la superficie que está representada a la escala del mapa, que tiene una Forma, Tamaño, Orientación, Color y Espaciamiento con respecto a otras, se colocaron figuras que tienen ellas sus propias Variables Visuales, y cubren la superficie de la figura mayor en la que provocan un efecto visual, que cambia su grado de percepción. Por tanto, en algún momento se decidió el valor de esas Variables Visuales que están presentes en esas figuras más pequeñas siguiendo un criterio; este proceso de decisión ocurrió en el proceso cognoscitivo del autor y nada más fue reflejado en el ejemplo el resultado de este proceso cognoscitivo. Es precisamente este último el que resulta necesario sistematizar para servirse de él durante el proceso de diseño de los conjuntos gráficos, servirse de los criterios que se manejan para la elección de las Variables Visuales a utilizar y para elegir los valores con los cuales se deben hacer variar para lograr los efectos visuales deseados.

El carácter sistémico de la existencia y combinación de estas variables es evidente, tan evidente como la necesidad de establecer los detalles de esta relación sistémica de manera tal que permita combinarlas controladamente en correspondencia con la comunicación de un objetivo determinado, para poder establecer un sistema de modulación que permita lograr junto con la transmisión de la información, también el orden visual del conjunto gráfico que la transmite, para garantizar la comunicación cartográfica en el mapa temático. De estos elementos fundamentales que componen la comunicación cartográfica, la transmisión de la información, a través de la modulación de las Variables Visuales de las Clases de Símbolos expresa en el Conjunto Gráfico del mapa los tres Niveles de Medida, con los que se comunica la clasificación de los fenómenos en función de sus datos. Esta relación se ilustra muy bien en la Figura 3 tomada de Gómez Rodríguez, H. 1998 [1].

### Los Niveles de Medida

En Figura 3 se puede ver la relación que existe entre los Niveles de Medida y las Clases de Símbolos, así como algunas de las Variables Visuales de las que se utilizan con mejores resultados en cada caso. Analizando los ejemplos de esta figura en busca de estas relaciones se puede ver lo siguiente:

El Nivel de Medida Nominal expresa las clasificaciones y denominaciones de los tipos o clase de fenómenos, indica que un grupo de fenómenos es diferente a otro por su clasificación. En los ejemplos que se muestran este Nivel de Medida se establece con la modulación de la Variable Visual Forma; en las Clases de Símbolos de Línea y Área se combina esta Variable Visual con la Variable Visual Espaciamiento.

Se puede resumir que este Nivel de Medida permite establecer las diferencias de los fenómenos por sus categorías

y tipos en base a datos cualitativos de estos.

El Nivel de Medida Ordinal expresa las diferencias entre datos cuantitativos y cualitativos de los fenómenos de un mismo grupo por sus niveles de importancia sin indicar un valor específico de la magnitud, solo su correlación. En los ejemplos se puede apreciar el uso de las Variables Visuales Forma, Color y Tamaño, aunque la Variable Visuales Forma no es de las mejores para estos casos según otras fuentes consultadas. Se puede resumir que este Nivel de Medida permite establecer las diferencias de los datos de los fenómenos por su rango o clase en base al valor relativo (no numérico) de estos.

		SÍMBOLOS		
		PUNTO	LÍNEA	ÁREA
NIVELES DE MEDIDA	NOMINAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derrapante de combustible</li> <li>Chimeneas en fabricas</li> <li>✦ Molinos de viento</li> <li>✦ Escuelas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Río</li> <li>— Carretera</li> <li>— Vía férrea</li> <li>— Conductora de petróleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Laguna</li> <li>— Pantano</li> <li>— Bosque</li> <li>— Arena</li> </ul>
	ORDINAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ Grande</li> <li>△ Mediana</li> <li>○ Pequeña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(Red vial)</li> <li>— Autopista</li> <li>— Carretera</li> <li>— Terrestre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(Contaminación) del aire</li> <li>Sectores industriales</li> <li>— Mayor</li> <li>— Menor</li> </ul>
NIVELES DE MEDIDA	INTERVALO-PROPORCIONAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>REPETICIÓN</li> <li>Graduación</li> <li>Diagrama de barra</li> <li>En dos dimensiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>REPETICIÓN</li> <li>Isotipos</li> <li>Líneas de flujo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad</li> <li>Elevación</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada punto representa 100 personas</li> <li>Diagrama de barra</li> <li>Círculos, cuadrados, triángulos, triángulos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Isotipos</li> <li>Líneas de flujo</li> <li>1000</li> <li>1000</li> <li>1000</li> <li>1000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad</li> <li>Elevación</li> <li>40</li> <li>30</li> <li>20</li> <li>10</li> <li>0</li> <li>1200</li> <li>800</li> <li>400</li> <li>0</li> </ul>

Figura 3

El Nivel de Medida Intervalo-Proporcional permite expresar proporcionalmente los valores específicos de los atributos cuantitativos de los fenómenos. En los ejemplos se puede apreciar la modulación proporcional de las Variables Visuales Tamaño, Color y Espaciamiento. Se puede resumir que este Nivel de Medida permite establecer las diferencias de los datos de los fenómenos por su rango o clase en base al valor conocido y localizado de estos.

Podemos resumir entonces que los Niveles de Medida permiten comunicar cuales son los tipos de fenómenos que se representan, además, ordenan los fenómenos dentro de cada tipo por su importancia y por los valores específicos de sus atributos cuantitativos.

### Los Niveles de Organización de la Percepción

Los Niveles de Organización de la Percepción son resultado de la modulación de las Variables Visuales al establecer gráficamente los Niveles de Medida de los datos. Por tanto, al establecer los Niveles de Medida estamos a la vez dando origen a los Niveles de Organización de la Percepción.

Si partimos de esta premisa, con los valores iguales de las Variables Visuales de las representaciones cartográficas se pueden comunicar visualmente las similitudes entre los objetos y fenómenos que simbolizan, mientras que con los valores diferentes se pueden comunicar visualmente las características diferentes entre ellos estableciéndose el Nivel de Organización de la Percepción respecto a las particularidades de las Variables Visuales sobre la base de



las relaciones lógicas en la expresión cartográfica.

Tomado de Joly, 1979 [6] y modificado por el autor se definen los Niveles de Organización de la Percepción de la manera siguiente:

- **Nivel de Organización de la Percepción Asociativa:** Si permite poner en evidencia las semejanzas o parecidos que existen entre los objetos cartografiados, de modo que se les pueda reagrupar en un mismo conjunto. Participan las variables que no hacen variar la visibilidad de los signos, como la forma, orientación, color y textura. Las variables que no presentan esta cualidad, se denominan disociativas.
- **Nivel de Organización de la Percepción Selectiva:** Si espontáneamente, es capaz de poner en evidencia las diferencias existentes entre los objetos, de modo que se puedan aislar del resto, los que pertenezcan a una misma categoría. Participan las variables, tamaño, valor orientación y textura, mientras la forma no lo es.
- **Nivel de Organización de la Percepción Ordenada:** Si permite clasificar los objetos en el sentido de una variación progresiva. Las variables tamaño, valor y textura son ordenadas, por ejemplo, de más pequeño a más grande, de más claro a más oscuro. Las variables forma, orientación y color no posibilitan concebir esta percepción.
- **Nivel de Organización de la Percepción Cuantitativa:** Si permite establecer una relación numérica, o una ponderación entre las categorías de una misma componente, es decir, define la importancia económica o social entre los signos. Sólo la variable tamaño se relaciona con esta percepción

Analizando nuevamente la Figura 3., podemos ver, ahora desde este punto de vista, como en el Nivel de Medida Nominal para las Clases de Símbolos Puntuales la variación de la Variables Visual Forma, manteniendo fija las otras Variables Visuales, permite reconocer los distintos fenómenos por su tipo: depósitos de combustible, chimeneas en fabricas, molinos de viento y escuelas, estos se pueden reconocer por sus formas particulares, pudiendo ser asociados como pertenecientes a un mismo tipo los de formas iguales, haciendo evidente el establecimiento del Nivele de Organización de la Percepción Asociativo. Si en este caso se modula alguna otra Variable Visual se forma otro Nivele de Organización de la Percepción. Esta es una de las relaciones más importantes que necesita ser controlada de forma sistémica para garantizar la comunicación cartográfica.

Analizando estos casos, llegamos a la conclusión, que el establecimiento de los Niveles de Organización de la Percepción debe partir de la condición de que siempre tiene que establecerse primero el Nivel de Organización de la Percepción Asociativa a través de la aplicación un nuevo Nivel de Medida, el Nivel de Medida de Conjunto que aunque no es contemplado en la Figura 3 tiene una existencia sutil y es necesario tenerle en cuenta para relacionar correctamente los Niveles de Organización de la Percepción con los Niveles de Medida, desde la perspectiva de la sistematización de los procesos de la comunicación visual en los mapas. Los autores consultados explican la aplicación de los Niveles de Medida dentro de los conjuntos de información, sin detenerse en explicar éste. Desde

nuestro punto de vista, por no enfocar los procesos desde la concepción sistémica de la cognición visual dentro de la comunicación gráfica, mientras que dejan en la ambigüedad la formación del Nivele de Organización de la Percepción Asociativa, mediante la selección de una Variable Visual para expresar el Nivel de Medida Nominal que puede provocar el efecto visual de asociación o selección de los símbolos. De esta manera podemos contar con cuatro Niveles de Medida, uno para cada Nivele de Organización de la Percepción. Por tanto podemos definir el Nivel de Medida de Conjunto como, el que expresa las clasificaciones y denominaciones más generales de los tipos o clase de fenómenos por sus semejanzas; indica que varios tipos de fenómenos pertenecen a un mismo conjunto por la clasificación superior a todas las clasificaciones a las que pertenecen en el conjunto gráfico del cual forman parte.

#### **La Organización Jerárquica de los Datos**

Hacer una clasificación jerárquica previa de la información en clases, categorías, grupos, etc, en dependencia del nivel de importancia relativa de sus características para los objetivos del mapa, es tan necesario como clasificar la información en temática y general para organizarla en dos Niveles Visuales, para ordenar visualmente las representaciones cartográficas dentro de su nivel visual correspondiente.

A partir de la Organización Jerárquica de los Datos que ordena los objetos y fenómenos teniendo en cuenta su importancia dentro del Conjunto Gráfico, el carácter cuantitativo o cualitativo de sus atributos y la condición de temático o general; se sientan las bases para aplicar los Niveles de Medida como el medio con el cual se establecen los Niveles de Organización de la Percepción. Esta es la correspondencia sistémica del proceso de construcción del Conjunto Gráfico en los mapas temáticos digitales y la esencia de esta relación sistémica esta dada por la elección de las Variables Visuales que se necesitan para la representación correcta de los datos. Lo que impone la sistematización de la modulación de las Variables Visuales para completar la sistematización de la construcción del conjunto gráfico.

#### **Sistematización del Uso de las Variables Visuales**

Luego de haber tratado y reflexionado sobre las funciones que desempeñan las Variables Visuales y los Niveles de Organización de la Percepción en el diseño del Conjunto Gráfico, podemos ver la importancia que esto aporta a la concepción de un Sistema de Modulación de las Variables Visuales de los símbolos cartográficos para el Diseño Gráfico en los Mapas Temáticos Digitales.

Si asumimos los valores de las Variables Visuales como continuos en un sentido, se puede considerar la variación de su nivel perceptivo igualmente continua en ese propio sentido. Y pudiéramos enunciar que mientras mayor sea el valor de las Variables Visuales mayor seria la percepción de la variable y viceversa. Partiendo de esta premisa, se puede entonces fijar dos Niveles Visuales en el Conjunto Gráfico de los mapas temático digitales (un primer nivel temático, un segundo nivel general); y hacer corresponder las representaciones cartográficas en uno u otro nivel visual de acuerdo con su importancia dentro del conjunto gráfico. Además, que estuviera en correspondencia con el objetivo del mapa temático. Para lo cual, tomaríamos dos



rango de los valores de las Variables Visuales en sentidos opuestos dentro de la variación continua, el rango de mayor valor perceptivo se correspondería con el nivel temático y el de menor valor perceptivo con el nivel general. De esta manera, ante la vista del observador resaltarían en un primer plano las representaciones cartográficas correspondientes al contenido principal del mapa, mientras que aparecerían en un segundo plano aquellas que constituyen el contenido geográfico general de referencia. Este sería el primer paso para ordenar visualmente el contenido del mapa. Para explicar mejor lo hasta aquí planteado ver ilustración de la Figura 4.

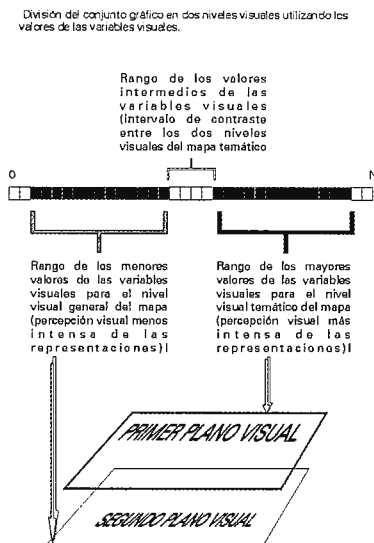


Figura 4

Además de este primer paso se requiere también ordenar visualmente las representaciones cartográficas dentro de los niveles visuales a los que pertenecen; para lo cual, al igual que se separaron estos dos por un intervalo de contraste de las Variables Visuales, en este caso se tiene que separa visualmente las representaciones cartográficas por intervalos de los valores de sus Variables Visuales, de manera que se pueda percibir visualmente con claridad y legibilidad la diferencia entre valores distintos y no exista ambigüedad en ello; ver Figura 5.

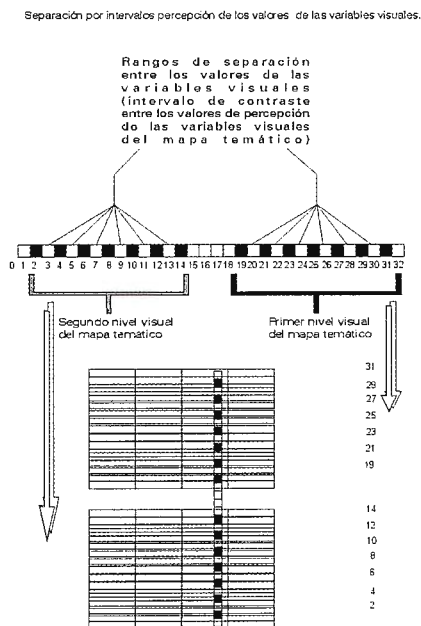


Figura 5

Analizando lo planteado hasta aquí se puede apreciar que la lectura del conjunto gráfico quedaría enmarcada en un plano de percepción visual inferior y otro superior, al igual que los dos Niveles Visuales que lo forman, como se puede apreciar en la Figura 6.

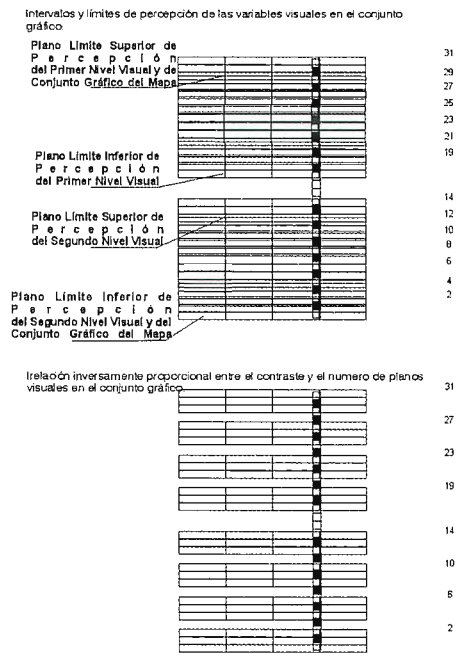


Figura 6

Si eliminamos algunos planos visuales de la Figura 6 y analizamos lo ocurrido, podemos ver como, el aumento del Contraste implica la disminución de la cantidad de planos visuales que se pueden construir en el Conjunto Gráfico, la cantidad de rangos de modulación de las Variables Visuales que se pueden utilizar. Sin embargo, hace que aumente la claridad y la legibilidad de las representaciones cartográficas y la visión estereográfica de los planos de percepción como se presenta en la Figura 6. Este ejercicio sencillo nos permite observar gráficamente la primera de las relaciones proporcionales que necesariamente deben tenerse en cuenta para concebir y diseñar la modulación sistémica de las Variables Visuales de las representaciones cartográficas.

Gráfico que ilustra la relación entre los niveles de percepción de las variables visuales y los rangos de variación de las mismas en la construcción de los planos visuales del conjunto gráfico.

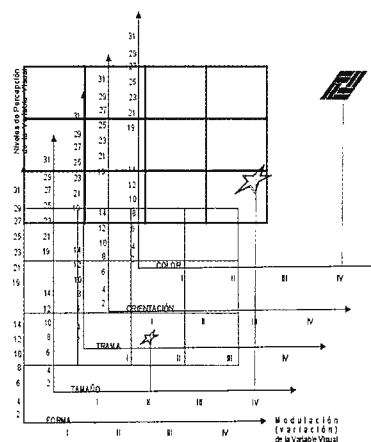


Figura 7



En este sentido el análisis de la Figura 7 aporta más elementos, al mostrar la relación entre los grados de modulación de las Variables Visuales y los niveles de percepción con los que se corresponden los planos visuales del conjunto gráfico. Además, la Figura 7 también permite observar, con ejemplos en las Variables Visuales Tamaño y Color, como una sola Variable Visual puede hacer que varíe la percepción de las representaciones cartográficas y como mientras mayor sea la cantidad de Variables Visuales que se modulen en una representación cartográfica mejor será la percepción de esta en el plano o Nivel Visual que se pretenda.

### III. Experiencias en la Aplicación de la Sistematización del Uso de las Variables Visuales.

Los cambios o modulaciones de las Variables Visuales en el Conjunto Gráfico implican cambios en la percepción visual de las representaciones cartográficas, a través de estas modulaciones se construye el orden visual del Conjunto Gráfico, a partir del conocimiento del carácter temático o general de la información que se va a representar cartográficamente en correspondencia con el objetivo del mapa temático y de su organización jerárquica. El carácter temático o general de la información es la clave para seleccionar los rangos en que se pueden modular las Variables Visuales de las representaciones cartográficas que permitan distinguirlas perceptivamente en dos Niveles Visuales respectivamente ordenando en dos el Conjunto Gráfico.

Mientras que la organización jerárquica es la clave para seleccionar las Variables Visuales cuyas modulaciones establecerían el orden visual de las representaciones cartográficas dentro de los Niveles Visuales en correspondencia con las relaciones lógicas en la expresión cartográfica.

Resumiendo esta relación sistémica para su aplicación práctica se confeccionó la Tabla 1, donde se utilizaron las abreviaturas siguientes:

- VMVV: Variante de modulación de las Variables Visuales.
- MT: Mapas Temáticos.
- OCP: Orden de las Capas.

- CSP: Clases de Símbolos Puntuales.
- CSL: Clases de Símbolos Lineales. • CSA: Clases de Símbolos Areales.
- ASO: Nivel de Organización de la Percepción Asociativa.
- SEL: Nivel de Organización de la Percepción Selectiva.
- ORDE: Nivel de Organización de la Percepción Ordenada.
- CUA: Nivel de Organización de la Percepción Cuantitativa. • CON: Nivel de Medida Conjunto. • NOM: Nivel de Medida Nominal. • ORD: Nivel de Medida Ordinal.
- ITP: Nivel de Medida Intervalo-Proporcional. • TEM: Datos Temáticos. • GGN: Datos Geográficos Generales.
- CONJ: Organización jerárquica de los Conjuntos de datos. • TIP: Organización jerárquica de los Tipos de datos.
- CLT: Organización jerárquica de los atributos Cualitativos de los datos.
- CTT: Organización jerárquica de los atributos Cuantitativos de los datos. • VV: Variables Visuales.

Las experiencias en la aplicación de esta tabla han demostrado que la misma permite controlar los procesos de diseño y construcción del Conjunto Gráfico de los mapas temáticos desde su comienzo hasta el final, previniendo errores que se puedan cometer en la comunicación gráfica de la información del mapa. Además, permite comprobar la calidad en este sentido de los mapas temáticos que se hayan confeccionado anteriormente.

### Bibliografía:

1. Gómez Rodríguez, H. (1998): «Concepción Metodológica para la Creación del Sistema Cartográfico en los Estudios Geográficos Militares».
2. Robinson, A. H., R. D. Sale, J. L. Morrison y P. C. Muehrcke (1984): «Elements of Cartography».
3. Berliant, A. M. (1991): «La modelación cartográfica». Trad.
4. Berliant, A. M. (1983): «Problemas actuales de la Cartografía y la utilización de los mapas». Trad.
5. Bertin, J. (1983): «A New Look in Cartography Progress in contemporary Cartography». Vol 2.
6. Joly, F. (1979): «La cartografía». Barcelona.

## BOLETIN DE SUSCRIPCIÓN

## MAPPING

Deseo suscribirme a la revista MAPPING por 12 números al precio de 11 números.

Precio para España: 60 euros. Precio para Europa: 90 euros, y América: US\$ 120.

Forma de pago: Talón nominativo o transferencia a nombre de REVISTA MAPPING, S.L.

CAJA MADRID: Pº. de las Delicias, 82 - 28045 MADRID Nº 2038-1732-55-3001376203

Enviar a: REVISTA MAPPING, S.L. - C/ Hileras, 4, 2º, Of. 2 - 28013 MADRID.

Nombre ..... NIF ó CIF .....

Empresa ..... Cargo .....

Dirección ..... Teléfono .....

Ciudad ..... C.P. .... Provincia .....



# Servicio Técnico. land

**“Un compromiso que se cumple”**

En INLAND hemos creado un nuevo estilo de servicio centrado en poner en las manos del Cliente soluciones exclusivas para sus problemas particulares

Le ofrecemos la gama más completa de productos y servicios, aseguramos la máxima calidad y eficacia en la gestión y nos comprometemos a dar la atención personalizada que necesitan Clientes como usted. Somos conscientes además de sus limitaciones de tiempo y de las duras exigencias del día a día. Por eso hemos creado el Servicio Técnico INLAND, con soluciones integrales.

**Usted decide que tipo de mantenimiento es el que mejor se adapta a sus necesidades, nosotros aportamos las soluciones para hacer que su negocio crezca.**

Nuestros técnicos le asesoran mejor que nadie sobre el producto y el servicio más adecuado para usted en cada momento. Analizamos permanentemente sus necesidades específicas e incluso inventamos, si es necesario, soluciones exclusivas para dar dimensión a sus posibilidades.

**Además al contratar el Mantenimiento, formará parte del Club INLAND, con todas sus ventajas.**

GRUPO EMPRESARIAL

 land

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

 INTRAC

LÁSER, AGRICULTURA Y CONTROL DE MAQUINARIA

 ISSA

Isidoro Sánchez S.A.

SOLUCIONES TOPOGRÁFICAS

 GEORACK

GESTIÓN DE FLOTAS GJS

 LASER RENT

CONSTRUCCIÓN, EXCAVACIONES E INTERIORISMO



Nueva Sede:

AV. DE LA INDUSTRIA, 35 • 28760 TRES CANTOS (MADRID)

APARTADO DE CORREOS 63

el: 902 103 930 • Fax: 902 152 795

e-mail: [inland@inland.es](mailto:inland@inland.es)

AENOR  
  
Empresa Registrada  
ER-1715/2002



# SERVICIO STARFIRE



## Posicionamiento decimétrico Global en Tiempo Real

### Servicio Starfire.

La red Starfire es el primer Sistema Avanzado Global de Posicionamiento basado en satélites capaz de ofrecer en tiempo real posiciones autónomas con precisiones decimétricas. Las soluciones obtenidas no están condicionadas a la distancia que separa el receptor de una estación de referencia. El sistema siempre ofrece la posibilidad de utilizar el Servicio Starfire de forma global, en cualquier lugar del mundo.

### Metodología.

La Metodología Starfire es una solución avanzada de los sistemas anteriores de correcciones diferenciales pues considera de forma independiente los errores de cada uno de los satélites utilizados. Las correcciones del reloj y de sus órbitas se calculan a partir de la red de seguimiento global de estaciones de referencia. Estas estaciones utilizan receptores de doble frecuencia. Las correcciones se transmiten directamente a los receptores Starfire vía satélite Inmarsat. Con ello se consigue una mínima latencia de los datos y una operación general en todo el mundo, entre los paralelos 75° Norte y Sur. Todos los receptores Starfire utilizan receptores GPS de doble frecuencia, que calculan el modelo ionosférico para cada satélite. Los retrasos de los zenit troposféricos se calculan mediante un modelo específico de la hora y de la posición, que emplea observaciones redundantes para asegurar los resultados.

### Fiabilidad.

La fiabilidad en el posicionamiento continuo se consigue mediante el uso de redes duplicadas de comunicaciones, centros de proceso de datos geográficamente separados y duplicando todo el equipamiento para el envío de las correcciones a los satélites. El sistema es por construcción muy robusto y posee la habilidad de calcular un conjunto completo de correcciones diferenciales, incluso aunque más de una estación de referencia quedara inoperativa.

### Aplicaciones.

Los receptores GPS Starfire están disponibles en diversas configuraciones; receptores completamente integrados ó sistemas modulares. Algunas de las aplicaciones que se pueden beneficiar del rendimiento, precisión y disponibilidad de este servicio incluyen:

- › Topografía
- › Hidrografía
- › Fotogrametría Aérea
- › GIS
- › Cartografía
- › Agricultura precisión
- › Control de Maquinaria

Información adicional disponible previa petición.

**G**rafinta

Avda. Filipinas, 46

28003 Madrid

Tfo. 91 5537207

Fax 91 5336282

E-mail [grafinta@grafinta.com](mailto:grafinta@grafinta.com)



NCT-SF-Net/030806-3