

MAPPIING

Revista Internacional de Ciencias de la Tierra

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

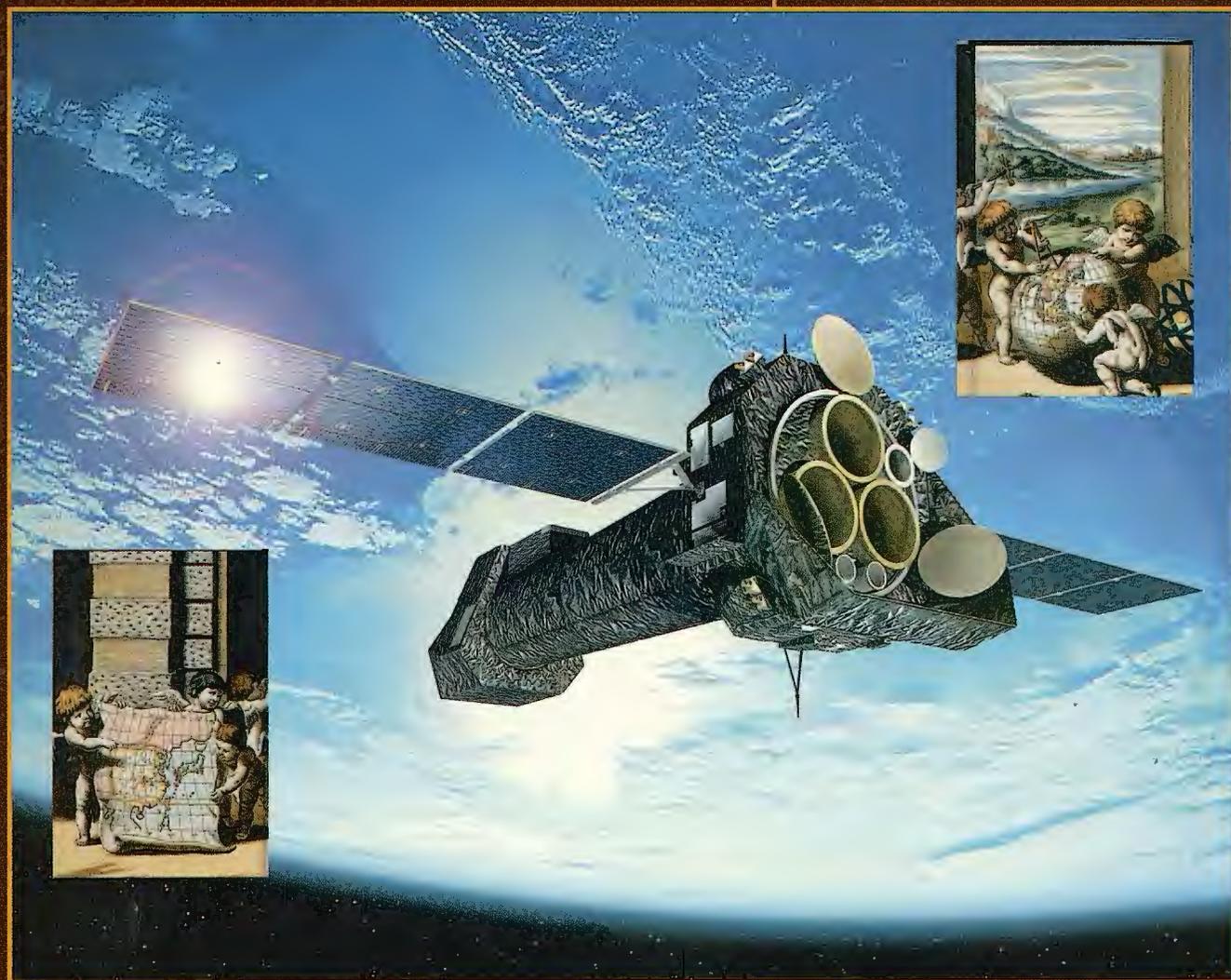
MEDIO AMBIENTE

TELEDETECCIÓN

CARTOGRAFÍA

CATASTRO

TURISMO



CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Cartografía Digital



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 • webmaster@cnig.es
<http://www.cnig.es>

M A P P I N G

S U M A R I O

6 LA APUESTA POR LA PRECISIÓN Y LA TECNOLOGÍA LEICA EN LOS TÚNELES DE GUADARRAMA

10 EL PRIMER ENLACE GEODÉSICO ENTRE EUROPA Y AFRICA

16 EL PLAN NACIONAL DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO EN ESPAÑA: SITUACIÓN ACTUAL Y PRÓXIMOS PASOS

31 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN ZONAS RURALES CON EL APOYO DE TÉCNICAS SIG

36 UNA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE METADATOS DE OPENGIS

52 LAS MEDIDAS DE LA TIERRA

90 ANÁLISIS DEL ESTADO PARCELARIO PARA LA PLANIFICACIÓN DE MICROREForestACIÓN CON ESPECIES AUTOCTONAS DEL BOSQUE DE NIEBLA EN LA COMUNIDAD DE ALTO PERÚ (REPÚBLICA DEL ECUADOR)

Foto Portada: Imagen cedida por D. Mario Ruiz Morales **Director de Publicaciones:** D. José Ignacio Nadal.
Redacción, Administración y Publicación: C/Hileras, 4 Madrid 28013-Tel.915471116 - 915477469
www.mappinginteractivo.com. E-mail:mapping@revistamapping.com **Diseño Portada:** R & A MARKETING
Fotomecánica: P.C. **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.

¡TIEMPO DE CAMBIOS!



GPS · GLONASS · GALILEO



**¡Todos los satélites,
todas las señales!**

Tecnología
revolucionaria
de triple
constelación.

La apuesta por la precisión y la tecnología Leica en los túneles de Guadarrama

El topógrafo Pedro Arranz nos desvela como gracias al uso de un giroscopio y de las Estaciones Totales Leica consiguió reducir el error de calado a 9 centímetros en planimetría (horizontal) y 1,3 en altimetría (vertical) en unos túneles de 28,4 Km diseñados para velocidades superiores a los 350 Km/h, que los convierten en una de las obras de ingeniería más importantes del mundo.

Arranz empezó a su carrera en 1984 como topógrafo de una empresa sísmica, posteriormente entra en Acerninox para el montaje de un tren de laminación. A continuación realiza diversas obras en todo el territorio español (destaca una carretera de montaña en Sort) para más tarde entrar en FOCSA como topógrafo de la delegación de Baleares. De allí volvió a la península, más concretamente a Gijón y posteriormente se instala en Madrid como director de topografía de A C S. En su constante apuesta por la tecnología y el método, mantiene una estrecha relación con el departamento de informática de A C S. Su carrera sigue avanzando en ACS, hoy DRAGADOS. Entre sus obras más destacadas resaltan los túneles de El Pardo de la M-40.



Los túneles de Guadarrama

Fue en el año 2001 cuando Arranz recibe la oferta de realizar la topografía de los túneles de Guadarrama. Desde 1996 ocupaba el puesto de Director de Topografía de ACS, pero un proyecto de esta complejidad le movió a entrar de lleno. "El hecho de que el túnel esté calculado para velocidades superiores a 350 Km/h implica criterios muy estrictos en cuanto a la precisión del calado, ya que no se tienen muchas posibilidades de variar el trazado, tanto en planta como en alzado", explica. Por todo ello, estudió las experiencias del túnel del Canal de la Mancha (48 Km), y visitó en Suiza a los responsables de la topografía del túnel de San Gotardo (57 Km). De todos modos, cabe resaltar que ninguno de los dos está pensado para que se alcancen las velocidades establecidas en el proyecto de Guadarrama.



Arranz decidió que el sistema más preciso para llevar a cabo el proyecto se basaba en el uso de un giroscopio digital marca DMT, modelo Gyromat 2000 de última generación de 10 cc de precisión nominal después de una serie de 6 observaciones, montando una estación total LEICA, modelo TCA 2003 de alta precisión (1,5 cc) motorizada y con seguimiento de prisma. Otras dos estaciones totales de similares características, TCA 2003 y 1800, cumplieron la función en la medición de ángulos y distancias de la red principal de bases en el exterior e interior del túnel y la toma de datos para la auscultación de los anillos del túnel (Convergencias).



El giroscopio

El Gyromat 2000 (o gyro) es un giróscopo de precisión con una secuencia de medición totalmente automática, para trabajos de redes en túneles y minería. Las dos misiones fundamentales de este aparato son la de paliar los efectos del arrastre de azimutes a lo largo del túnel y evitar los efectos no deseados de la refracción horizontal en las mediciones angulares. La alta precisión de las mediciones del gyro puede lograrse principalmente por medio de un desplazamiento mecánico del giroscopio. El gyro se orienta siempre en dirección del norte geográfico (físico), esto quiere decir que los azimutes a medir con él serán astronómicos.

El giroscopio se encuentra suspendido y con su eje de giro alineado perpendicularmente a la vertical terrestre. Al girar a gran velocidad se origina un momento angular. A su vez, el movimiento de rotación de la Tierra tiende a desplazar la orientación del giroscopio en un plano horizontal. La ley física de conservación del momento angular hace que el giroscopio se alinee paralelamente al eje de giro terrestre para mantener constante su momento angular. Esta aplicación de una ley de la Física permite fabricar una herramienta, para determinar el Norte Geográfico, sin interferencias magnéticas y con gran precisión.



Obviamente, es necesario que el giroscopio alcance una velocidad de giro constante, que el rozamiento sea mínimo y la estabilidad de posicionamiento, perpendicular a la vertical terrestre, sea máxima. Estas exigencias obligan a que el Gyromat 2000 sea una pieza mecánica de una gran perfección constructiva.



El giroscopio, como cualquier instrumento de medida, es susceptible de sufrir descorrecciones por lo que es necesario verificar el valor de los errores de medición intrínsecos a cada aparato. Para ello, es preciso realizar observaciones astronómicas de determinación del Norte que, comparadas con las observaciones del giroscopio nos permitan la calibración de éste.



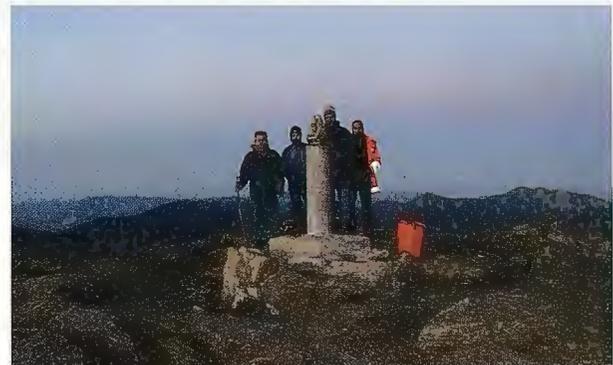
Queda claro, pues, que los técnicos que han realizado, con tanto éxito, el control geométrico de los Túneles de Guada-

rrama se enfrentaban a un trabajo de una exigencia extrema y solo podían confiar en las mejores herramientas.



A todos los problemas, una solución concreta

Antes de ponerse a trabajar con el gyro, Pedro Arranz se encontró unos cuantos escollos. La opción del giroscopio era cara y totalmente desconocida para los miembros de la UTE Túneles de Guadarrama. Tras varias conversaciones fallidas, Arranz consiguió reunir a los directores de topografía de todas las empresas, a técnicos cualificados y directivos. Esta concluyó con la firma de una serie de compromisos donde se apoyaba su necesidad; pero los problemas no habían acabado. Para la construcción del giroscopio era necesario el pago de un 50% por adelantado, las empresas de la UTE tenían previsto pagarlo a posteriori. Al final, Leica Geosystems junto a las empresas que forman parte de la UTE encontraron la forma para resolver también este escollo financiero.



La mayor obra de ingeniería civil desarrollada en España

Los dos túneles de Guadarrama, con una longitud de 28,4 kilómetros cada uno, son la mayor obra de ingeniería civil que se ha desarrollado en España y figuran entre los túneles con mayor longitud del mundo. Como explica Arranz, «Se clavó la primera estaca el 23 de noviembre de 2001. En ese año se hicieron las trincheras y todas las instalaciones». Los trabajos de perforación comenzaron, con cuatro tuneladoras instaladas en cuatro bocas, dos a cada lado de la sierra, en octubre de 2002 y las enormes máquinas concluyeron su trabajo en la vertiente segoviana en enero, semanas antes que en la zona madrileña. Cada túnel perforado tiene un diámetro de nueve metros y medio, aunque una vez recubierto con las dovelas interiores, de hormigón, el ancho real del túnel por el que discurrirán los trenes se reduce a unos ocho metros y medio. En esta obra se han instalado alrededor de 250.000 dovelas, de 32 centímetros de espesor. El coste de la obra, en la que han llegado a trabajar al mismo tiempo hasta 2.000 personas

cubriendo las 24 horas del día, está en consonancia con su importancia, dado que el presupuesto ha alcanzado los 1.219 millones de euros.



Gracias al trabajo realizado por Arranz, se consiguió que el error de calado fuera de 9 centímetros en planimetría (horizontal) y 1.3 en altimetría (vertical). En los últimos 4 metros, el posible error era mínimo. La topografía y geodesia han tenido gran trascendencia para el éxito de la perforación de los túneles. El hecho de que los túneles proyectados no cuenten con galerías exteriores intermedias a lo largo de los 28,4 Km de trazado y que la velocidad de diseño sea 350 Km./h, con las exigencias geométricas que esto conlleva, hacen de la topografía un factor determinante para que el proceso de construcción se encuentre dentro de las magnitudes esperables y tolerancias aceptables. Se espera que el proyecto de alta velocidad podría ponerse en marcha en el año 2007.



Leica Geosystems, partner indispensable

Todos los sistemas de guiado en esta obra utilizaban equipos Leica. Además de la Leica TCA 2003, se han utilizado un Receptor Móvil GPS Leica System 500 para el replanteo de todas las instalaciones exteriores al túnel; una Estación Total TCA 1800 que realizaba las mismas funciones que la TCA 2003 y que ha estado de reserva en caso de averías; una Estación Total TCRA 1103, con la que se hizo el replanteo general de las instalaciones donde la precisión del GPS no llegaba, como pórticos, alineaciones, vías, plantas de machaqueo, hormigón y dovelas; y un Nivel eléctrico digital de alta precisión Leica DNA03 con juego de miras invar, que se usó para la nivelación interior y exterior de alta precisión para cierre en altura de los túneles.

Estas herramientas "están elegidas por su robustez", asevera Pedro Arranz. "Yo los he visto trabajar como Robocop.

Las condiciones en la obra eran muy difíciles, porque estaban expuestos a polución, polvo y accidentes, como que se rompa una manguera de inyección de mortero o de aceite, que es peor. Hemos sacado el aparato echo polvo, con una mano de mortero, y seguía midiendo".



Arranz ha probado y conoce diferentes marcas (Trimble, Nikon). En un principio su primera preocupación era trabajar con una libreta electrónica, hasta que llegó la serie TPS-1000 de Leica, que tenía la posibilidad de programarse. En 1996, como Director de Topografía de ACS, se encontró con un parque de maquinaria parcialmente obsoleto tras la fusión de

empresas. "Quería renovar lo que teníamos y concerté una entrevista con Jaime Fernández, director general de Leica Geosystems Iberia. Le ofrecí renovar todo el parque con Leica a cambio de que me hiciera un programa a medida". A partir de allí, Arranz destaca que Leica se ha dado a favorecer la labor del topógrafo, especialmente "realizando un programa a la medida de los españoles. Siempre resuelve las necesidades del topógrafo. Yo soy un cliente fidelizado. Con cualquier aparato Leica obtengo lo que quiero".



Destacados:

"El hecho de que el túnel esté calculado para velocidades superiores a 350 Km/h implica criterios muy estrictos en cuanto a la precisión del cale, ya que no se tienen muchas posibilidades de variar el trazado, tanto en planta como en alzado", explica.

Gracias al trabajo realizado por Arranz, se consiguió que el error de calado fuera de 9 centímetros en planimetría (horizontal) y 1,3 en altimetría (vertical). En los últimos 4 metros, el posible error era mínimo.

Los equipos Leica "trabajan como Robocop. Las condiciones en la obra eran muy difíciles, porque estaban expuestos a polución, polvo y accidentes, como que se rompa una manguera de inyección de mortero o de aceite, que es peor. Hemos sacado el aparato echo polvo, con una mano de mortero, y seguía midiendo".

Entre en el mundo de la imagen raster con ABSIS

Distribuidor Oficial para España de ER Mapper

Nuevas Funcionalidades / ER Mapper 7.0 y Image Web Server 7.0*

Soporte del nuevo formato JPEG2000.

Compresión de las imágenes sin pérdidas.

Incorporación de nuevos asistentes de producción.

*Compatible con FireFox y Plug-in para Macintosh.

ER Mapper

Helping people manage the earth

www.ermapper.com

ermapper@absis.es

Àlaba 140-144
Planta 3, P. 3
08018 Barcelona

T 902 210 099
F 934 864 601

abs@absis.es

Santa Engracia 141
Planta 4, Ofic. 1
28003 Madrid

T 915 352 478
F 915 343 942

abscentro@absis.es

AbsisDeleg:
Lleida / València
A Coruña / Sevilla
Tarragona / Girona

www.absis.es



EL PRIMER ENLACE GEODÉSICO ENTRE EUROPA Y AFRICA

José Luis Almazán Gárate - Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos - Universidad Politécnica de Madrid

Amparo Verdú Vázquez - Ingeniera en Geodesia y Cartografía - Universidad Alfonso X el Sabio

Adolfo Dalda Mouron - Ingeniero Geógrafo - Instituto Geográfico Nacional

M^a Carmen Palomino Monzón - Dra. en Ciencias Físicas - Universidad Politécnica de Madrid

José Luis Almazán Gárate, ETS Ingenieros de Caminos Canales y Puertos

RESUMEN:

La cercanía de las costas entre los continentes Africano y Europeo ha ofrecido la posibilidad, a lo largo de la historia, de establecer visuales entre ambos continentes sin excesivas complicaciones. La importancia de establecer enlaces geodésicos entre los distintos continentes, viene determinada por el establecimiento de un sistema de referencia común, que sirva para homogeneizar la cartografía y para la posterior ejecución de obras de ingeniería intercontinentales, que ayuden al desarrollo socio-económico de los territorios involucrados.

El presente artículo trata del estudio del primer enlace geodésico realizado entre España y Argelia, en 1879; bajo la dirección del General Ibáñez de Ibero por parte española y del Coronel Perrier por parte francesa.

PALABRAS CLAVE: Africa, Europa, enlace geodésico, Estrecho de Gibraltar, Ibáñez de Ibero

ABSTRACT:

The nearness of the African and European Continents at the Western Mediterranean, has offered along history the possibility of establishing geodetic links between both Continents. The importance of these is due to the requirements needed to produce cartography of both shores with common references, to be able to navigate referred to both shores at a time, or to be able to build fixed links between Europe and Africa, to help sustainable development of both territories.

This article presents the first geodetic link between Spain and Northern Africa, made in 1879, under the direction of the Spanish scientist and Army General Mr. Ibáñez de Ibero and the French Colonel Mr. Perrier.

KEY-WORDS: Africa, Europe, geodetic link, the strait of Gibraltar, Ibáñez de Ibero

Introducción

La creación del Instituto Geográfico y Estadístico (hoy, Instituto Geográfico Nacional), cuya iniciativa, proyecto y organización se deben a Ibáñez de Ibero, se realizó en 1870. Inmediatamente se comenzó la confección y publicación del mapa topográfico de España a escala 1:50.000. Ese magnífico mapa, cuya primera hoja se publicó en 1875, y que llevaba publicadas en 1889, cuando dejó Ibáñez de Ibero la dirección, sesenta y tres hojas, representó, según científicos de la época, uno de los modelos más perfectos de la cartografía moderna.

Pero uno de los grandes retos del general era realizar la unión geodésica y astronómica de Europa con África. A finales del siglo XIX, concretamente en 1853 el coronel Peytier y en 1857 Biot habían afirmado que el arco francés podía prolongarse hasta el Sahara, y contribuir así a la determinación de la forma de la tierra.

El mayor de los arcos de meridiano proyectados, el que partiendo de las islas Shetland, al norte de Escocia, terminaba en el Sahara, se hallaba interrumpido en una extensión de 270 kilómetros de longitud, inmensa distancia a la

que jamás se había intentado divisar una señal geodésica. El deseo de enlazar triangulaciones de ambos continentes, europeo y africano, databa de algunos años; pero las tentativas que se habían hecho no habían dado resultado satisfactorio.

Desde mucho tiempo atrás estaba asegurada la visibilidad recíproca entre las costas de España y de Argelia, y tanto los geodestas españoles como los franceses juzgaban realizable el enlace geodésico de los dos continentes. Durante muchos años, el general Ibáñez de Ibero, intentó concienciar a los gobiernos español y francés de la viabilidad del enlace geodésico y astronómico entre los continentes europeo y africano. Por fin, en el verano de 1878, se realizaron los estudios previos.

En 1878 consiguió el general Ibáñez de Ibero que el gobierno francés enviase a Argelia una comisión militar, a la vez que él mandaba otra a las tierras andaluzas para fijar de una manera provisional la posición de los cuatro vértices, previamente elegidos. Y como por el reconocimiento realizado se comprobó que estos puntos eran visibles entre sí, el gobierno español, a propuesta del general, invitó al de Francia a llevar a cabo la operación, que tuvo lugar al año siguiente con personal exclusivamente español en España y francés en Argelia. Se redactó el siguiente convenio entre los dos gobiernos:

- 1) Cada nación debía observar en su propio territorio.
- 2) Las observaciones serían simultáneas en los cuatro vértices.
- 3) Empleo de heliógrafos durante el día y de luz eléctrica durante la noche.
- 4) Empleo de instrumentos y maquinaria idénticos, así como de los mismos métodos. Se pensó además aprovechar la ocasión para hacer observaciones astronómicas a fin de cerrar el gran polígono París-Madrid-Marsella-Argel, para lo que faltaba en tierra la diferencia de longitud entre Argel y M'Sabiha, y por mar la existente entre M'Sabiha y Tetica.

*Verificándose estudios y tanteos simultáneos en Mulhacén y las Teticas de Vacares, en España; en Filhaoussen y M'Sabiha, en Argelia, encomendados los primeros al Coronel del Estado Mayor don Fernando Monet y los argelinos a los Capitanes del Ejército francés señores Derrien y Koszutski.

Como en aquellos días no se conocía la radio y no había entre España y Argelia cable submarino, para simultaneidad se aprovecharon las señales luminosas o sus eclipses.

Preparativos previos al enlace geodésico

Para el estudio previo se concretaron los vértices del cuadrilátero: Mulhacén y Tetica (Ilustraciones 1 y 2) en España, Filhaoussen y M'Sabiha en Argelia. En la época en la que se hicieron las observaciones, la longitud estaba referida al meridiano de Madrid en el caso de los dos primeros vértices, y al meridiano de París, en el caso de los dos últimos.



Ilustración 1. Estación en el vértice Mulhacén



Ilustración 2. Estación en el vértice Tetica

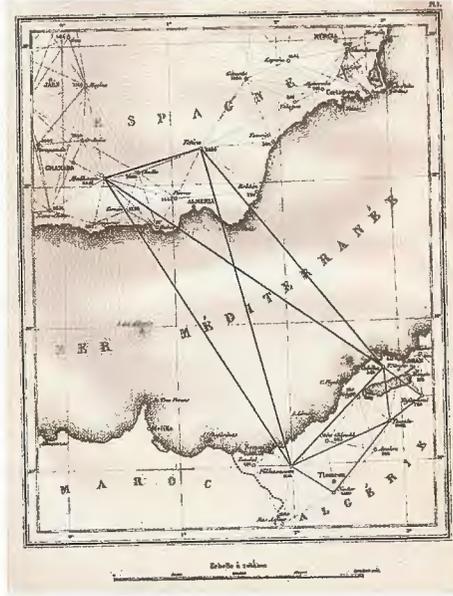
Mulhacén es la montaña más alta de Sierra Nevada, es vértice de primer orden de la red geodésica española, y está situado en la provincia de Granada, a los $37^{\circ} 03' 12''$ de latitud Norte, y $0^{\circ} 22' 34''$ de longitud Este del Meridiano de Madrid. Aunque no excede de 35 km la distancia de la proyección horizontal de su cumbre a la costa, la altitud de esta montaña alcanza la cifra de 3481 metros.

Tetica es el punto más elevado de la Sierra de los Filabres, que corre en dirección Noroeste-Sudeste, y ocupa, en la provincia de Almería, casi todo el territorio comprendido entre los ríos Almanzora y Almería. Este vértice, cuya altitud es de 2.080 metros, está situado a $37^{\circ} 15' 12''$ de latitud Norte, y $1^{\circ} 16' 29''$ de longitud Este del meridiano de Madrid. Es también vértice de primer orden de la red geodésica española.

Filhaoussen está situado en la extremidad oriental de una sierra muy característica, que corre al Sur de Nemours y de Nedroma, en la provincia de Orán. La montaña, de acceso difícil, se dirige de Sudoeste a Nordeste. El pico de Filhaoussen, que tiene una altitud de 1.137 metros, es vértice de primer orden de la triangulación del paralelo argelino, y está situado a los $35^{\circ} 00' 35''$ de latitud Norte y $4^{\circ} 01' 40''$ de longitud Oeste del meridiano de París.

M'Sabiha es el punto culminante de la sierra del Murdjadjo, que corre de Este a Oeste en una extensión de 50 kilómetros, próximo al golfo de Orán, formando en esta región un primer escalón del Atlas. El punto elegido para vértice está a 591 metros de altitud sobre el nivel del mar, a $35^{\circ} 39' 37''$ de latitud Norte y $3^{\circ} 11' 11''$ de longitud Oeste de París. No fue en un principio vértice de la triangulación primordial de Argelia, pero se le enlazó con ella, por procedimientos más precisos, durante el otoño de 1879; siendo desde entonces uno de los vértices más importantes por hallarse situado en la proximidad de la base de Orán.

Las primeras observaciones comenzaron el 27 de septiembre de 1878, midiendo el geodesta español Monet el ángulo Tetica-Mulhacén-Filhaoussen. Ya en el mes de octubre se pudo observar M'Sabiha desde Tetica, en las tardes de los días 13 y 18. Por parte francesa se midieron en Argelia los ángulos correspondientes, terminándose la campaña el 3 de noviembre.



Plano 1. Plano General del enlace

Realización de las observaciones

A primeros de septiembre, nada más instalarse en sus bases, se desató un temporal de vientos y nieve. Descendió el termómetro a diez grados bajo cero. Los observadores experimentaron en los cuatro vértices la decepción de no columbrar durante el día de un lado a otro del Mediterráneo las señales que recíprocamente se transmitían. Ni una sola vez divisaron desde un continente los reflejos de la luz solar que con los heliógrafos se les enviaban desde el otro; y hubiera sido completo el fracaso de la expedición, de no haber utilizado durante la noche las luces eléctricas que mediante potentes reflectores se enviaban mutuamente.

Las observaciones se hicieron por la noche, desde el 9 de septiembre hasta el 4 de octubre, empleando círculos acimutales Brunner y lámparas eléctricas alimentadas por generadores movidos a vapor.

Las penalidades que sufrió el personal acampado en el Mulhacén casi no tienen nombre. La presión barométrica fluctuaba alrededor de 500 milímetros, produciendo perjudiciales efectos sobre la salud de los observadores. La temperatura oscilaba enormemente, y tras la puesta de sol comenzada a descender, siendo insoportable el frío a muchos grados bajo cero. Sobre la nieve congelada por la noche caía durante el día una nueva nevada, que aumentaba el espesor de la que cubría montes y valles. Por último, en la mañana del 19 de septiembre, cayó un rayo sobre el vértice del Mulhacén, descomponiendo parte de los aparatos.

La permanencia en el vértice Mulhacén, sobre el cual se desencadenaban con creciente frecuencia horribles tempestades, era del todo imposible. El geodesta Monet dispuso trasladarse con todo el personal y el material al vértice

ce Tetica, en el cual estaba ya instalado el 10 de octubre, permaneciendo hasta el 24. En este intervalo pudo percibir dos veces los reflejos solares enviados de M'Sabiha, en las tardes del 13 y del 18, y una sola vez los de Filhaoussen, en la mañana del 18 de octubre. Medidos los ángulos formados entre sí por las tres direcciones del cuadrilátero, abandonó el pico de Tetica el 25 de octubre, después de una penosísima campaña de ochenta y un días, con la certeza de que el proyecto de enlace era realizable, aunque con el temor de que su realización exigiría mucho tiempo si los observadores no tenían a su disposición señales verdaderamente extraordinarias.

En Argelia estaba instalado el Capitán Derrien desde el 1 de septiembre, en M'Sabiha, desde el cual, en 1868, el Capitán Perrier había distinguido a simple vista la costa española. Desde el 1 al 12 de septiembre el vértice estuvo cubierto de espesa y persistente niebla, y fue imposible toda observación; pero el día 13 apareció por fin la lluvia, y limpió tan bien la atmósfera, que a la mañana siguiente el heliotropo de Filhaoussen brillaba al Oeste, y la costa española aparecía hacia el Norte-Noroeste confusa todavía en la dirección del Mulhacén, pero muy clara en la de Tetica. El día 26 de septiembre, al ponerse el sol, distinguió la costa española; pero la vio mejor al día siguiente, destacándose de una manera notable las cumbres de Mulhacén y Tetica, gracias a lo cual midió el mencionado geodesta los ángulos y las alturas, dibujando con gran exactitud todas las inflexiones que aparecían en las sierras españolas.

Desde el día 12, avisado de que el coronel Monet había abandonado el vértice Mulhacén para trasladarse a Tetica, el oficial francés hizo apuntar sus espejos en dirección a este vértice. El día 18 de octubre vio aparecer en el campo del antejo un débil resplandor rojizo, que era la luz solar reflejada por el heliotropo. Esta imagen sólo permaneció en el campo del antejo por espacio de veinte minutos; mas fue suficiente para que quedara determinada la dirección a Tetica. Respecto a la de Mulhacén, la forma de esta montaña, vista desde M'Sabiha, podía dar lugar a una incertidumbre de 5' a lo sumo.

Por su parte, el Capitán Koszutski estaba instalado en el vértice Filhaoussen desde el 25 de agosto. Solamente el 26 de septiembre divisó por primera vez la costa española. Mulhacén se destacaba perfectamente también se distinguía Tetica, pero no sus heliotropos, que permanecían invisibles. Finalmente el 24 de octubre pudieron medirse los ángulos y las alturas. La campaña francesa terminó el 3 de noviembre de 1878.

El resultado de este reconocimiento preliminar hizo factible el proyecto, de manera que el gobierno español invitó a su homólogo francés para que participase en el mismo, decidiendo ambos que el general Ibáñez de Ibero y el comandante Perrier coordinasen los trabajos.

Se construyeron 1.100 metros de caminos de montaña de dos metros de ancho, por los cuales y con grandes dificultades, se pudo izar hasta la altura mayor de España, o sea, hasta el vértice del Mulhacén, en la cumbre de Sierra Nevada, el enorme bagaje científico que era necesario utilizar. Se trataría de un cuadrilátero gigantesco sobre el Mediterráneo. Una de sus diagonales y un lado miden cerca de 270 km.

Resultados preliminares

A continuación se muestran los resultados suministrados por los reconocimientos preliminares:

EN ESPAÑA			
En Mulhacén: Coronel Monet			
	Direcciones.	Ángulo.	Distancia Cental.
Tetica	0° 00'	72° 29'
Filhaoussen	72° 29'	91° 31'
En Tetica: Coronel Monet			
	Direcciones.	Ángulo.	Distancia Cental.
M'Sabiha	0° 00'	91° 14'
Filhaoussen	24° 01'	91° 11'
Mulhacén	113° 40'	
EN ARGELIA			
En M'Sabiha: Capitán Derrien			
	Direcciones.	Ángulo.	Distancia Cental.
Filhaoussen	0° 00'	100° 11'
Mulhacén	87° 79'	100° 43'
Tetica	105° 71'	100° 49'
En Filhaoussen: Capitán Koszutski			
	Direcciones.	Ángulo.	Distancia Cental.
M'Sabiha	0° 00'	100° 78'
Tetica	67° 61'	100° 86'
Mulhacén	87° 46'	100° 58'

Comparando estos resultados con los definitivos, se obtiene menos de un minuto sexagesimal de diferencia, exceptuando una máxima de diez minutos, que proviene de la incertidumbre de las punterías hechas desde M'Sabiha a Mulhacén, error presumible a causa de la forma de esta montaña.

A partir de la experiencia adquirida durante la campaña de 1878, se adoptó el acuerdo siguiente:

- 1) Los jefes y oficiales de cada nación harían las observaciones en su respectivo territorio.
- 2) Las observaciones se harían simultáneamente en los cuatro vértices, con objeto de terminarlas en el transcurso de una sola campaña.
- 3) Se emplearían, durante el día, señales solares, y durante la noche, la luz eléctrica, en las cuatro estaciones del cuadrilátero.
- 4) Los instrumentos, aparatos y máquinas serían idénticos en las cuatro estaciones, así como los métodos de observación.

Ibáñez y Perrier acordaron que los instrumentos serían idénticos (un círculo acimutal y otro de meridiano portátil (Figuras 1 y 2) construidos en los talleres de los hermanos Brunner²) y que las observaciones deberían ser simultáneas, usando heliotropos durante el día y por la noche la luz generada por potentes máquinas de vapor.

² El instrumento círculo acimutal Brunner posee la doble ventaja de servir igual para observaciones diurnas que nocturnas y de que, por la aplicación de un retículo móvil, se aumenta considerablemente la precisión de las punterías.

Asimismo programaron un enlace astronómico para cerrar el polígono Madrid-París-Marsella-Argel, que se efectuaría sobre los vértices Tetica y M'Sabiha, una vez finalizado el geodésico; en ellos se calcularía no solamente la diferencia de longitudes sino también la latitud y el acimut de una dirección.

Observaciones geodésicas

En abril de 1879, no pudiendo ausentarse de Madrid el general Ibáñez y habiendo renunciado el coronel Monet por motivos de salud, se nombró al coronel Joaquín Barraquer jefe de la operación, asignándole el vértice Mulhacén por su especial dificultad, aunque fuera auxiliado por Borrés y Cebrián. La observación del Tetica se encomendó a los geodestas López y Piñar. El encargado de la observación astronómica sería Miguel Merino y Melchor,

acompañado de Antonio Esteban. La dirección del equipo francés recayó sobre Perrier que permanecería en M'Sabiha, asistido por Derrien y Defforges. En Filhaoussen el jefe del equipo sería Bassot, ayudado por Sever y Koszutski. Las expediciones quedaron instaladas en los cuatro vértices el día 20 de agosto. Las dificultades meteorológicas hicieron imposible observación alguna hasta la noche de 9 de septiembre, en que Perrier divisó la luz del Tetica. La noche siguiente las cuatro estaciones se veían a simple vista. Con los naturales intervalos de mal tiempo se lograron medir todos los ángulos del cuadrilátero y culminar el enlace geodésico el día 2 de octubre. Los ángulos sólo pudieron medirse gracias a las señales luminosas nocturnas, las diurnas no se vieron ni un solo día.

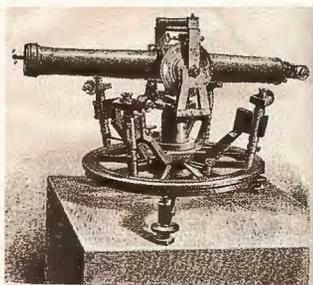


Fig. 1. Círculo Azimutal Reiterador

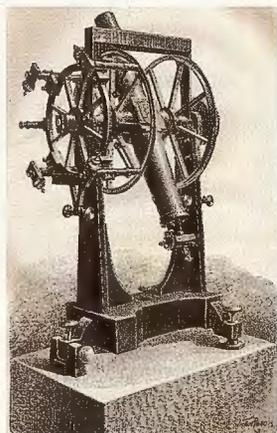


Fig. 2. Círculo Meridiano Portátil

Este enlace fue uno de los que ha planteado mayores problemas, tanto en el aspecto teórico como en el puramente observacional. Conocido el relieve y la climatología de las zonas respectivas, se comprenden las grandes dificultades que tuvieron que vencer en el transporte del material científico y de aprovisionamiento, así como en las observaciones propiamente dichas. Todos los trabajos fueron objeto de una publicación científica internacional titulada: *Jonction geodesique et astronomique de l'Algerie avec l'Espagne*, aparecida en París en el año 1886, debida a Carlos Ibáñez y a François Perrier. En las memorias del Instituto Geográfico y Estadístico, concretamente en el tomo VII, correspondiente al año 1888, se da cuenta también del acontecimiento.

Precisión y resultados del enlace.

El cálculo se ha hecho tomando como lado de partida el español Mulhacén-Tetica, cuya longitud más probable se ha deducido de la triangulación española, con auxilio de las tres bases Madrideojos, Arcos y Cartagena. El valor obtenido para el lado argelino M'Sabiha-Filhaoussen es: 105 179,35 m.

Calculando este mismo lado a partir de las bases de Argel y de Orán y de la triangulación argelina, se obtiene, como valor más probable: 105 178,56 m, que difiere del anterior en 0,79 metros.

La diferencia relativa entre los valores de este lado, calculados por las dos triangulaciones, la de España y la de Argelia, combinadas con las bases principales y lejanas de Madrideojos y de Argel, asciende tan solo a:

$$\frac{0.79}{105\ 179} = \frac{1}{133\ 000}$$

resultado que manifiesta el alto grado de precisión.

CÁLCULO DE COORDENADAS

Las coordenadas de los vértices del cuadrilátero de enlace se han calculado partiendo de las coordenadas astronómicas de M'Sabiha, y con auxilio del azimut astronómico, medido en este punto por el comandante Perrier:

Latitud Norte (L)	35° 39' 37"05
Longitud Oeste (M)	3° 11' 10"77
Azimut (Filhaoussen) (Z)	46° 54' 11"76

En este cálculo se han empleado las fórmulas exactas dadas por el Sr Androe en la triangulación de Dinamarca, las cuales están basadas en la consideración de triángulo polar.

Los resultados son:

ESTACIONES	Elipsoide de Bessel
M'Sabiha	L = 35° 39' 37"05
	M = 3° 11' 10"77
	Z (Filhaoussen) = 46° 54' 11"76
Filhaoussen	L = 35° 00' 34"64
	M = 4° 01' 39"69
	Z (M'Sabiha) = 226° 24' 59"22
Mulhacén	L = 37° 03' 17"59
	M = 5° 38' 57"91
	Z (Tetica) = 254° 14' 54"85
Tetica	L = 37° 15' 14"71
	M = 4° 45' 03"14
	Z (Mulhacén) = 74° 47' 28"59

Más adelante (1931-32) se completó dicho enlace con otro gran cuadrilátero, cuyos vértices son: Mulhacén, Torrecilla de Tolox (en España) y kely, Gurugú (en Marruecos). Otras visuales enlazan también la isla de Alborán con Mulhacén, Tetica y Gurugú, así como este último vértice con Filhausen, cuyo lado no se llegó a observar hasta el año 1950. Una de las diagonales nuevas mide 258 km. El conjunto de los dos cuadriláteros se conoce con el nombre de "Red del Mediterráneo Occidental".

Bibliografía:

GENERAL IBÁÑEZ; CORONEL PERRIER (1883): "Enlace Geodésico y Astronómico de la Argelia con España" en *Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico*. Tomo VII. Instituto Geográfico y Estadístico, Madrid

GENERAL IBÁÑEZ; CORONEL PERRIER (1886): *Jonction geodesique et astronomique de l'Algerie avec l'Espagne*. Imprimerie nationale. Paris

IBÁÑEZ DE IBERO, Carlos; MERINO, Miguel (1880): "Notas presentadas a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales" del Enlace Geodésico y Astronómico de Europa y África. Imprenta Aguado. Madrid

IBÁÑEZ DE IBERO, Carlos (1927): *Un túnel bajo el estrecho de Gibraltar*. Texto en castellano y en francés. Imprimerie typographique Coueslant. Paris

MARQUÉS DE MULHACÉN, IBÁÑEZ DE IBERO, Carlos (1956): "El túnel del estrecho de Gibraltar" Instituto de Estudios Africanos. Centro Superior de Investigaciones Científicas. Madrid

MARQUÉS DE MULHACÉN, IBÁÑEZ DE IBERO, Carlos (1956): "Conferencia del Sr. Marqués de Mulhacén. La obra científica del General Marqués de Mulhacén y la unión geodésica y astronómica de Europa con África" Archivos del Instituto de Estudios Africanos. Año IX. Nº 37. Centro Superior de Investigaciones Científicas. Madrid

MARTINEZ UTESA, M^a Carmen (1995): *Ciencia y milicia en el siglo XIX en España: El General Ibáñez e Ibáñez de Ibero*. Instituto Geográfico Nacional. Madrid

PALADÍN CUADRADO, Ángel (1969): "La Red Geodésica Española" en el Boletín de Información nº 5. Primer trimestre. Servicio Geográfico del Ejército. Madrid

RUIZ MORALES, Mario; RUIZ BUSTOS, Mónica (2000): *Forma y dimensiones de la tierra. Síntesis y evolución histórica*. Ediciones del Serbal. Barcelona

El Plan Nacional de Observación del Territorio en España: situación actual y próximos pasos

Antonio Arozarena, Guillermo Villa, Javier Hermosilla, Francisco Papí, Nuria Valcárcel, Juan José Peces, Emilio Doménech, Carlos García, José Antonio Tejeiro
Subdirección General de Producción Cartográfica - Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento

1. Introducción

En el comienzo del siglo XXI, España tiene planteados retos muy importantes para el desarrollo sostenible: la voluntad de modernización e impulso de las infraestructuras (transportes, energía, servicios, comunicaciones,...) y la atención prioritaria a las necesidades sociales (vivienda, equipamientos, desarrollo rural,...) tiene que ser compatible con la adecuada gestión de aspectos medioambientales críticos: cumplimiento de los compromisos sobre reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Protocolo de Kyoto), gestión y uso del agua (Plan Hidrológico Nacional), impulso de las energías renovables, control de la contaminación (atmosférica, del agua de suelos, acústica,...), etc. Además, el gran dinamismo de la sociedad española en los últimos tiempos, así como el fuerte crecimiento económico, provocan un enorme impacto sobre una gran parte de nuestro territorio.

Todos estos aspectos demandan la disponibilidad de una información sobre el territorio con la exactitud adecuada, actualizada constantemente, coherente, adaptada a los estándares internacionales de datos geográficos (ISO, OGC,...), compartida entre todas las Administraciones, accesible instantáneamente por todos los agentes sociales que la demanden e integrada en las Infraestructuras de Datos Espaciales (GSDI, INSPIRE, IDEE,...) y redes de observación de la Tierra europeas (Global Monitoring for Environment and Security -GMES-) y globales (Group on Earth Observations -GEO-), etc..

La producción y disseminación de información geográfica en España, a cargo de muy diversos organismos de las Administraciones Públicas, está muy descentralizada:

- geográficamente, entre las Comunidades Autónomas, Diputaciones Provinciales, Municipios, Confederaciones Hidrográficas,...
- temáticamente, entre los distintos Ministerios y Organismos (Direcciones Generales, Consejerías de las CA, Organismos autónomos, Confederaciones Hidrográficas,...)

Esta descentralización tiene grandes ventajas:

- Abundancia general de información geográfica
- Los conocimientos y experiencia de las ciencias geográficas (geodesia, cartografía, SIG, fotogrametría, teledetección,...) están muy extendidos entre numerosos organismos de las distintas administraciones
- Cada organismo atiende sus necesidades de información "a medida" (conjuntos de datos, escalas, ritmos de actualización,...)

Sin embargo, la situación actual es mejorable debido a una insuficiente coordinación en la obtención y disseminación de dicha información. Esto causa los siguientes problemas:

- En la optimización de recursos económicos: duplicidades de esfuerzos; planes abandonados o no iniciados por falta de presupuesto; reparto de costes no armónico ni acorde con la capacidad presupuestaria de los distintos organismos,...
- En la producción de la información: descoordinación de actuaciones que provoca "huecos" de información, temporales y geográficos; ritmos de actualización bajos que conllevan bases de datos no actualizadas; carga de trabajo de las empresas contratistas muy variable, lo que les causa problemas para mantener plantillas de personal cualificado y con experiencia; especificaciones técnicas distintas para cada zona de trabajo, lo que causa problemas en la presentación de ofertas, desarrollo de métodos y programas, aseguramiento de la calidad, plazos de entrega, gestión de proyectos, etc.,...
- En la utilización de los productos y conjuntos de datos: incompatibilidades entre los conjuntos de datos; difícil interoperabilidad; diversidad de modelos de datos, escalas, resoluciones, precisiones, fechas, formatos (incluso Sistemas Geodésicos de Referencia); dificultad de realizar uniones (mosaicos) de datos; dificultad de comparar la información entre distintas zonas ó fechas,...
- En la disseminación de los datos: al ser los datos propiedad exclusiva de cada organismo, éstos tienden a ser "celosos" ó "restrictivos" en el acceso: en ocasiones existen grandes dificultades para acceder a los datos por otros organismos ó agentes sociales (permisos, licencias, sólo visualización,...)

2. Conveniencia y oportunidad

Como hemos dicho al principio, la intensidad y magnitud de las intervenciones que se realizan y de los fenómenos que suceden sobre gran parte de nuestro territorio (urbanización, obras públicas e infraestructuras de todo tipo, incendios forestales, reforestaciones, cambios de cultivos, desertificación, y un largo etcétera) hacen imprescindible disponer de una información lo más actualizada posible sobre la evolución del mismo, especialmente en las zonas sometidas a un intenso cambio.

La única forma adecuada de dar respuesta a este gran dinamismo territorial es la obtención frecuente de coberturas de imágenes.

Una relación, no exhaustiva, de las numerosas aplicaciones en las que las imágenes aeroespaciales aportan una información imprescindible podría ser la siguiente:

- Cartografía topográfica
- Información de Ocupación del suelo
- Obras Públicas
- Urbanismo y Ordenación del Territorio
- Catastro y Propiedad Inmobiliaria
- Información forestal
- Medio ambiente
- Agricultura y ganadería
- Geología y minería
- Hidrografía e hidrología
- Protección Civil
- Seguridad y Defensa
- Patrimonio histórico y arqueológico
- Turismo
- Transportes y Logística
- Cartografía de redes de carreteras y caminos para navegadores GPS
- Sistemas de localización
- Empresas de vigilancia y seguridad
- Redes de servicios (agua, electricidad, gas, cable, teléfono, internet, telefonía móvil,...)
- Explotación de fincas y cotos de caza
- Sector inmobiliario y de construcción
- Modelado de realidad virtual para simuladores de vuelo, eventos deportivos, espectáculos...
- Voluntariado ambiental
- Actividades de ocio en la naturaleza
- etc

Como vemos, casi cualquier actividad humana que tenga relación con el territorio supone una gran necesidad de disponer de recubrimientos con imágenes aéreas y de satélite con la resolución espacial y periodicidad adecuadas a cada fin.

Además, todas estas aplicaciones involucran simultáneamente a un gran número de organismos públicos de los distintos niveles de la Administración:

- Unión Europea (UE): Comisión Europea, Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), EUROSTAT, Centro Común de Investigación (JRC),...
- Administración General del Estado (AGE): Ministerios de: Fomento, Agricultura, Pesca y Alimentación, Medio Ambiente, Economía y Hacienda, Defensa, Vivienda, Educación y Ciencia, Interior, Cultura,... Confederaciones Hidrográficas, otros organismos públicos,...
- Comunidades Autónomas (CCAA): Consejerías de Agricultura, Medio Ambiente, Urbanismo, Política Territorial, Interior,...
- Entidades Locales (EELL): Diputaciones Provinciales, Ayuntamientos, Mancomunidades, Cabildos, ...

La reciente implantación de las técnicas digitales en todas las fases del proceso desde la captura hasta la utilización de la información, ha abierto enormes posibilidades nue-

vas. Concretamente en el tema de coberturas de imágenes aéreas y de satélite se ha producido últimamente:

- Flexibilización, aceleración y abaratamiento progresivo de los procesos productivos
- Mejora de la calidad de los productos
- Facilidad de duplicar y compartir la información
- Facilidad de utilización de toda esta información de una forma mucho más simple y accesible a cualquier usuario.

Hay que tener en cuenta además que las imágenes aeroespaciales son la principal forma de obtención primaria de información, y en ellas se basa la mayor parte de la información geoespacial (es por ello por lo que las "Ortoimágenes" figuran como uno de los "Datos Básicos de Referencia" de la futura Directiva INSPIRE).

3. Objetivos del PNOT

Como consecuencia de lo dicho hasta aquí, resulta evidente que no tiene sentido hoy en día condicionar la obtención de coberturas de imágenes aéreas y satélite a los ritmos de actualización de las bases de datos y los conjuntos de datos de geográficos de ningún organismo concreto.

Las soluciones para los problemas descritos en el epígrafe 1 que se proponen desde el Ministerio de Fomento, a través del IGN y el CNIG y apoyadas por el Consejo Superior Geográfico, se basan en fomentar y mejorar la descentralización, aumentando al mismo tiempo la coordinación de esfuerzos.

Los objetivos del PNOT son, por tanto:

- Mejorar la eficiencia y optimizar los recursos económicos invertidos por cada uno de los organismos participantes en la captura de la información geográfica, de forma que el ahorro conseguido al evitar duplicidades de esfuerzos revierta en una mejor calidad y actualización de la información obtenida y, en consecuencia, de todas las bases de datos que se obtengan a partir de los mismos
- Aprovechar todo el potencial de utilización de los productos y datos, fomentando la máxima difusión y utilización de los mismos por todos los agentes sociales (organismos de las Administraciones, empresas públicas y privadas, ONGs, particulares,...) a los que puedan resultar de utilidad
- Obtener unos Sistemas de Información integrados y coherentes (espacial, temporal y semánticamente) a lo largo de todo el territorio español, que sirvan para que las diferentes Administraciones coordinen sus procesos de toma decisiones, al estar basadas éstas en la misma información de partida
- Apoyar y favorecer la implementación de las políticas Europeas y Mundiales: Desarrollo Sostenible (UNEP - United Nations Environmental Program-), GSDI (Global Spatial Data Infrastructure), GMES (Global Monitoring for Environment and Security), INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe),...
- Aprovechar la convergencia de intereses entre los distintos organismos de los cuatro niveles de las Administraciones (Europea, Nacional, Autonómico y Local)
- Fomentar la producción cooperativa y descentralizada de modo que los distintos organismos, en lugar de

"competir" en cierto modo entre sí, cooperen a un fin común.

- Facilitar que se produzcan sinergias entre distintos proyectos y grupos de trabajo
- Permitir la explotación eficiente de la información según escalas y resoluciones.

Principios INSPIRE
Los datos deben ser recogidos solo una vez y ser mantenidos en el nivel donde se logre máxima efectividad.
Debe ser posible combinar IG con total continuidad para toda Europa desde fuentes diversas, y compartirla entre usuarios y aplicaciones.
Debe ser posible que la información recogida en un nivel sea compartida por otros niveles.
La IG debe ser abundante y disponible bajo condiciones que no inhiban su uso extensivo.
Debe ser fácil descubrir la IG disponible, y en qué condiciones puede conseguirse y usarse.
Los datos geográficos deben ser fáciles de entender e interpretar, y seleccionables amigablemente.

- Fomentar la ampliación y mejora del tejido empresarial español en el sector de la información geoespacial, promoviendo que las empresas trabajen con mayor calidad, rigor y eficiencia, reduciendo al mismo tiempo los costes y siendo por tanto más competitivas a nivel internacional.
- Facilitar la consolidación de un tejido empresarial dedicado a la realización de productos de valor añadido a partir de los datos básicos generados

Principios básicos

Los principios básicos de estos planes son:

- Voluntariedad
- Transparencia
- Descentralización
- Cooperación
- Cofinanciación

4. Marco legal y organizativo

El Consejo Superior Geográfico (CSG), en su nueva etapa, ha retomado con fuerza su misión de coordinación de la obtención de Información Geográfica en España. El Ministerio de Fomento, cuya Subsecretaría ejerce la Presidencia del CSG, a través del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), coordina este proyecto de cooperación entre las Administraciones Públicas de España.

Dentro del CSG, la "Comisión de Teledetección y Cobertura Aérea del Territorio" tiene la misión de fomentar la coordinación de Vuelos Fotogramétricos y coberturas de imágenes de satélite de nuestro territorio. Esta Comisión expuso ante la Comisión Permanente del CSG la conveniencia de apoyar el PNOT y recibió el visto bueno de la misma.

Organismos participantes

Los organismos que están participando ya en uno o más de estos planes son:

- Ministerio de Fomento
- Ministerio de Medio Ambiente
- Ministerio de Agricultura

- Ministerio de Defensa
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
- Ministerio de Economía y Hacienda
- Ministerio de la Vivienda
- Ministerio de Educación y Ciencia
- Universidades
- Comunidades Autónomas (Consejerías de Obras Públicas, Urbanismo, Medio Ambiente, Agricultura,...)
- Diputaciones Provinciales
- etc....

La forma de implementación legal de estos Planes es mediante la firma de Convenios y Protocolos entre los organismos participantes.

Organización de la producción de los datos

- Se realiza un estudio de necesidades al principio de cada uno de los proyectos
- Se elaboran cooperativamente unas Especificaciones Técnicas comunes, estableciendo para ello los Equipos Técnicos y Grupos de Trabajo adecuados
- En la mayoría de los casos, la producción es descentralizada, bien geográficamente (por zonas de trabajo como las CCAA por ejemplo), bien temáticamente (según los organismos competentes en cada tema) o bien ambas
- Se realizan Controles de calidad preestablecidos para garantizar que los conjuntos de datos cumplen las necesidades de los organismos participantes.

5. Aspectos técnicos

El PNOT se estructura (ver figura 1) en una serie de "componentes" cuyos principales aspectos se describen someramente a continuación.

PLAN NACIONAL DE OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO (PNOT)										
Fase	Bases de Datos		Planes de Observación de Coberturas Aéreas (POCA)		Planes de Observación de Satélites (POS)					
	Resolución espacial	Frecuencia Temporal	Waves 25cm	35cm a 80cm	Resolución	Frecuencia	Orbita	Altura	Aplicación	
I Fase: Obtención y tratamiento de imágenes geoespaciales	Centros de procesos centralizados		Fotogrametría aérea digital		Fotogrametría aérea digital					
	Centros de procesos centralizados		Fotogrametría aérea digital		Fotogrametría aérea digital					
II Fase: Extracción de la información	Bases de Datos									
	Áreas críticas	Caracterización	Bases de Datos	Operaciones cartográficas	2.000 x 4.000	10/15	25.000 x 10.000	100.000 x 200.000	800.000	1.000.000
	Cartografía Topográfica	Producción Nacional de Cartografía Básica y Derivada	Bases Topográficas y Cartográficas	ACE	CCAA	+	+	+	+	+
	Operación de Bases de Datos	Centros de Información de Datos Geográficos (CIDG)	Bases de Datos de Cobertura Aérea del Terreno	IGN, CCAA	+	+	+	+	+	+
Operación de Información	Plan Nacional de Información (PNI)	BD de Planes de Observación (POCA)	IGN, CCAA	+	+	+	+	+	+	
Operación de Información	Plan Nacional de Información (PNI)	BD de Planes de Observación (POCA)	IGN, CCAA	+	+	+	+	+	+	
Operación de Información	Plan Nacional de Información (PNI)	BD de Planes de Observación (POCA)	IGN, CCAA	+	+	+	+	+	+	
Operación de Información	Plan Nacional de Información (PNI)	BD de Planes de Observación (POCA)	IGN, CCAA	+	+	+	+	+	+	
Operación de Información	Plan Nacional de Información (PNI)	BD de Planes de Observación (POCA)	IGN, CCAA	+	+	+	+	+	+	

Figura 1: Estructura del Plan Nacional de Observación del Territorio

Dentro del Plan se distinguen 3 fases:

- Obtención y tratamiento de las coberturas de imágenes
- Extracción de la información
- Diseminación de la información

que se detallan a continuación:

5.1. Primera fase: Obtención y tratamiento de las coberturas de imágenes

Tiene por objeto la obtención de coberturas de imágenes aéreas y de satélite, con resoluciones y ritmos de actualización optimizados desde el punto de vista económico, así como de las aplicaciones en que se van a utilizar dichas imágenes. Estas coberturas se organizan en distintos niveles de resolución espacial (tamaño de píxel) y frecuencia temporal:

5.1.1. Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)

Su objetivo es la obtención de coberturas con vuelos fotogramétricos con una frecuencia de actualización de 2

años. A partir de ellos se obtiene un modelo digital del terreno con precisión altimétrica de 2 m (emc) y ortofotos digitales en color con tamaño de píxel de 50 cm y precisión planimétrica de 1 m (emc). Ciertas zonas, por intereses especiales de las CCAA u otros organismos, se están realizando en algunos de los recubrimientos con un tamaño de píxel de 25 cm.



Figura 2: Ortofoto en color natural de 50 cm de resolución

La producción se realiza por las Comunidades Autónomas, con financiación compartida: 66 % la Administración General del Estado y 34 % CC.AA.

Los vuelos digitales, que se usan mayoritariamente desde 2005, además del color natural (rojo, verde, azul) añaden una banda en el infrarrojo próximo, que permite realizar composiciones en falso color de gran utilidad para estudios de vegetación.

En el gráfico de la figura 1 se refleja además el hecho de que varias Comunidades Autónomas, coordinándose con las Entidades Locales cuando así lo consideran conveniente, realizan a su vez otros proyectos de cobertura de determinadas zonas con tamaños de píxel menores y períodos de actualización adaptados a cada zona.

La producción del PNOA comenzó en 2004 y avanza a buen ritmo. En la figura 3 se muestran gráficos de lo ya realizado, de los trabajos en curso (cobertura 2005) y de las previsiones para los próximos años.

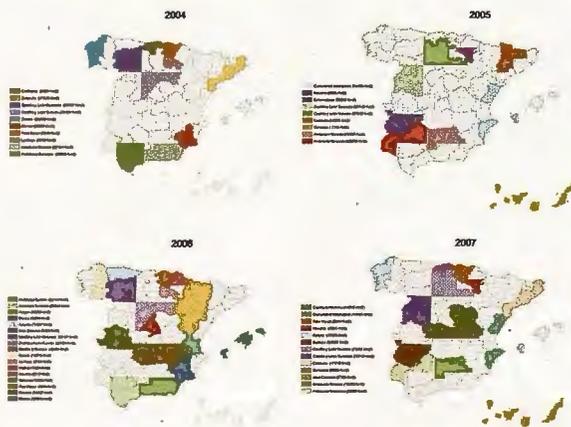


Figura 3: Coberturas previstas por las distintas Comunidades Autónomas correspondientes al PNOA en el período 2004-2007

Vuelos fotogramétricos históricos

La Comisión de Teledetección y Cobertura Aérea del Territorio del Consejo Superior Geográfico está, asimismo, diseñando un plan de coordinación del inventariado,

digitalización, tratamiento y disseminación de los Vuelos Fotogramétricos históricos que existen en muy diversos organismos, tanto españoles como de otros países (Ej: vuelos "americanos",...). No hace falta resaltar el gran interés que tiene esta información histórica para cualquier estudio de evolución territorial.

5.1.2. Plan Nacional de Teledetección

El Plan Nacional de Teledetección tiene como objetivo coordinar la obtención y el tratamiento de recubrimientos de imágenes de satélite sobre nuestro territorio, de forma que se adquieran y se procesen una sola vez y puedan ser utilizadas por todos los organismos de las distintas Administraciones Españolas. El organismo responsable de la obtención de las imágenes es el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), organismo autónomo adscrito al Ministerio de Defensa, con el que los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente suscribieron en 2005 un Convenio específico para este propósito.

Estas coberturas se estructuran en tres niveles de resolución espacial y temporal:

5.1.2.1. Alta resolución

Coberturas con imágenes de satélites de 2 a 10 m de resolución espacial en modo pancromático y de 10 a 30 m en modo multiespectral (satélites SPOT 5, IRS, Eros, etc...). La periodicidad prevista es de una cobertura al año, tomada en la época de verano. Las aplicaciones de estas imágenes son muy variadas, incluyendo, entre otras, la realización de bases de datos de ocupación del suelo (proyecto SIOSE), información agraria y actualización de bases de datos topográficas de escalas medias y pequeñas (1:200.000 a 1:1.000.000).

En el año 2005, los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente han adquirido una cobertura completa del territorio español con imágenes SPOT 5 HRG (Pancromático Supermode de 2,5 m de píxel y Multiespectral de 10 m simultáneos), que se va a poner a disposición de todos los organismos de las Administraciones Españolas, para todos los fines que las requieran.



Figura 4: Imagen SPOT 5 de la cobertura PNT 2005. Falso color infrarrojo. Tamaño de píxel 2,5 m ("Pansharpened")

5.1.2.2. Media resolución

Coberturas con imágenes de satélites de 10 a 15 m en modo pancromático y de 20 a 50 m de resolución en modo multiespectral (satélites SPOT 4, SPOT 2, Landsat 5, Landsat 7, IRS, Aster, etc...). La periodicidad prevista es de 3 o más coberturas al año, en las distintos períodos fenológicos (primavera, verano, otoño-Invierno). Las aplicaciones principales son: análisis multitemporal estacional e interanual, clasificación automática de coberturas del suelo, identificación de cultivos, detección de regadíos,

información forestal, parámetros biofísicos, etc...Asimismo, se ha propuesto un proyecto para recopilar e inventariar todas las imágenes Landsat históricas sobre nuestro territorio existentes en los distintos organismos de las Administraciones, de forma que se puedan compartir entre todos ellos.

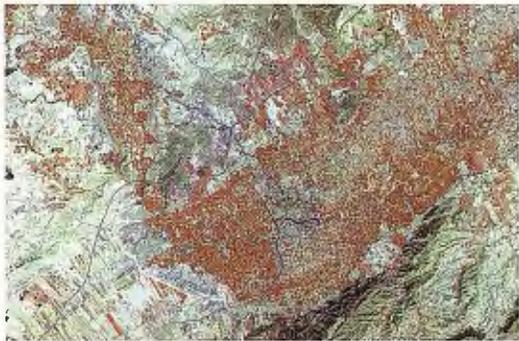


Figura 5: Imagen Landsat 7 ETM+. Falso color infrarrojo. Tamaño de píxel 12,5 m ("Pansharpened")

5.1.2.3. Baja resolución

Coberturas con imágenes multispectrales de 50 a 1.000 m de resolución (satélites NOAA AVHRR, TERRA MODIS, SPOT Vegetation,...). Periodicidad: de 1 a 30 días. Las aplicaciones principales son: extracción de parámetros biofísicos y medioambientales (NDVI, temperatura del suelo, material combustible, riesgo de incendio,...), información para la obtención de los Indicadores Agroambientales estandarizados demandados por distintas organizaciones de Naciones Unidas, Unión Europea y España.

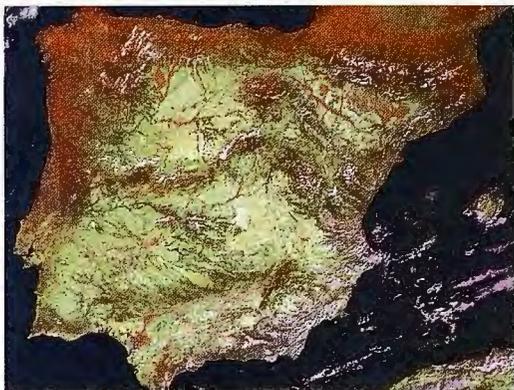


Figura 6: Imagen de baja resolución NOAA AVHRR

El Plan Nacional de Teledetección se contempla asimismo como aportación a la estrategia española de Observación de la Tierra (ver figura 7), que está promoviendo el Grupo "GEO España", en el cual participan el Ministerio de Medio Ambiente a través del Instituto Nacional de Meteorología, el Ministerio de Fomento a través del IGN, el Ministerio de Defensa a través del INTA, el Ministerio de Industria Turismo y Comercio a través del CDTI y el Ministerio de Educación y Ciencia, entre otros organismos.

5.2. Segunda fase: Extracción de la información

5.2.1. Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE)

Se trata de una base de datos de Ocupación del Suelo realizada de forma cooperativa entre la AGE y las CCAA, con las siguientes características:

- Escala nominal: 1:25.000
- Unidad mínima cartografiada: 1 Ha para superficies artificiales y 2 Ha para el resto (superficies agrícolas y forestales) excepto los humedales que son 0,5 Ha.

- Periodo de actualización: 5 años (aunque se está estudiando la conveniencia de actualizar las zonas urbanas con mayor frecuencia)

- Basado en imágenes de: PNT, PNOA, etc..

- Modelo de datos avanzado:

- orientado a objetos (diseñado en UML - ver figura 7-)
- multiparámetro (varios atributos por polígono)
- multinivel -extensible

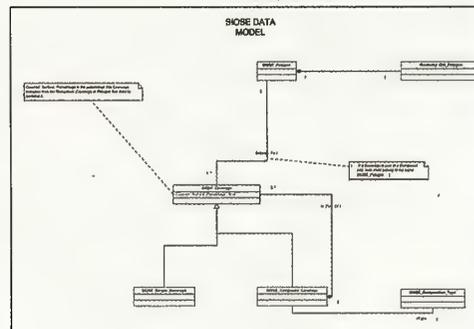


Figura 7: Diagrama UML del núcleo del modelo conceptual de datos SIOSE

La producción es descentralizada, a cargo de las Comunidades Autónomas, y la financiación compartida entre las CCAA y la AGE en la misma proporción que en el PNOA (34 % y 66 % respectivamente).



Figura 8: Vista de una zona piloto de la futura base de datos SIOSE

El Equipo de Trabajo del proyecto SIOSE se ha constituido como un SDIC ("Spatial Data Interest Community") de INSPIRE, y está realizando propuestas técnicas detalladas a la Unión Europea de cara al futuro de importantes proyectos como CORINE Land Cover 2006, GMES, GUS, etc...

5.2.2. Producción Nacional de Cartografía Básica y Derivada

Se propone la coordinación de la obtención de información de cartografía topográfica

- Escala: 1:10.000 a 1:200.000
- Periodicidad: 1 a 5 años (variable según zonas)
- Basado en imágenes de: PNT, PNOA, PAO
- Modelo de datos consensuado
- Producción descentralizada (CC.AA)
- Generalización e integración de datos a nivel nacional

5.2.3. Plan Nacional de Indicadores Agroambientales por Teledetección (PNI)

En estos momentos se están realizando estudios, en colaboración con diversas Universidades, sobre los parámetros biofísicos y los Indicadores Agroambientales demanda-

**VISITA NUESTRA
WEB**



**El Club de
los topógrafos**

**Hazte
Socio**

PODRAS DISPONER DE:

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

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

¡¡ MUY INTERESANTE !!

dos por distintos organismos nacionales, europeos y mundiales, susceptibles de ser obtenidos periódicamente mediante imágenes de satélite de media y baja resolución espacial.

5.3. Tercera fase: diseminación de la información

Toda esta información se pretende que esté disponible para todos los organismos de las Administraciones Públicas, así como para el resto de los agentes sociales que la demanden (empresas, ONG, particulares, otras organizaciones, etc...), de acuerdo a políticas de datos previamente pactadas.

Para ello se prevén varios mecanismos simultáneos, de los que se empleará de forma flexible el más idóneo en cada caso, según las características de la situación y el tipo de información a transmitir:

- Carga y publicación de los datos en servidores conectados a las distintas Infraestructuras de Datos Espaciales (GSDI, INSPIRE, IDEE, IDEs autonómicas, etc...) mediante los protocolos estándar adecuados a los distintos tipos de información (WMS, WFS, WCS,...)
- Carga y publicación en Internet de la información mediante aplicaciones y "portales" ad-hoc de los distintos organismos de la AGE, de las CCAA, etc.
- Transmisión de ficheros entre servidores de distintas redes locales mediante FTP, PTP ("BitTorrent") u otras tecnologías
- Realización y entrega de copias sobre soportes físicos ópticos o magnéticos (discos externos USB, DVD,...)
- Distribución al público en forma de productos "de estantería" o grandes pedidos específicos

Toda la información publicada en Internet o Intranets podrá ser accedida desde portales específicos (Ej. IDEE, Iberpix,...) o utilizada directamente «on line» desde clientes GIS "pesados" lo cual permitirá a cualquier usuario "mezclar" y cruzar esta información con la de sus bases de datos locales.

6. Conclusiones

Como consecuencia de todo lo dicho en este artículo, podríamos concluir:

- Los cambios tecnológicos impulsan nuevos retos en los sistemas de obtención, diseminación y utilización de la información
- La Unión Europea actúa como motor en la asunción de dichos retos
- Las nuevas demandas de los usuarios requieren nuevas estrategias de cooperación entre las diversas Administraciones Públicas
- El ahorro económico que se obtiene con esta forma de trabajar es muy significativo
- Es necesaria asimismo la Integración de la información, normalizada, en Sistemas Globales (DS, GMES, Digital Globe, IDEs, etc..)

Creemos que estos planes están iniciando una nueva forma, cooperativa y descentralizada, de obtención y diseminación de la información geoespacial en España. La Directiva INSPIRE de la Comisión Europea nos obligará a todos a seguir esta vía, lo cual es muy adecuado, ya que esta forma de trabajar es la más conveniente en aras del bien común y el desarrollo sostenible de nuestra sociedad.



PARQUES Y JARDINES

SIGAT → GESTIÓN

CATASTRAL

SIGURB → GESTIÓN

PATRIMONIO

SIGTECO →

GESTIÓN DE PORTALES WEB

URBANÍSTICA

E-LEARNING

MANEJO PATRIMONIO

GESTIÓN TERRITORIAL

ENCUESTA DE

INFRAESTRUCTURAS

GESTIÓN DE REDES

COMERCIALIZACIÓN

la solución más sencilla



Sadim

grupohunosa

Sadim Sociedad Asturiana de Diversificación Minera S.A.

C/ Jaime Alberti, 2 · 33900 Ciaño Langreo. Asturias (España)

Tlfo.: (+34) 985 678 350 · Fax: (+34) 985 682 664



comercial@sadim.es www.sadim.es

IMPLANTACIÓN DE UNA PLANTA DEPURADORA MEDIANTE TÉCNICAS SIG EN EL MUNICIPIO DE GANDIA.

José Miguel Gaspar Soriano y José Jiménez Viciano
ETSI Geodésica, Cartográfica y Topográfica. Universidad Politécnica de Valencia.

RESUMEN

Actualmente el uso de las herramientas S.I.G. ofrece un gran potencial al análisis territorial del medio. Éste permite resolver necesidades de un municipio, que es el caso que aquí se plantea, como es la implantación de una planta depuradora en el Municipio de Gandia mediante Sistemas de Información Geográfica. Esta herramienta permite gestionar multitud de variables que afectan al medio tanto directa como indirectamente, estudiando el entorno de la forma más detallada posible, convirtiéndose así en un análisis lo más objetivo posible, obteniendo como resultado la mejor ubicación de dicha depuradora. Por ello es tan importante un estudio a priori, así como el empleo de técnicas SIG, ya que una mala ubicación se traduciría en daños irreversibles en el medio.

PALABRAS CLAVE: S.I.G., Gandia, Gaspar, Implantación, Jiménez, Sistemas de Información Geográfica, Universidad Politécnica de Valencia.

1. INTRODUCCIÓN

En cualquier ciudad importante con un gran número de habitantes, como es el caso de Gandia, ciudad elegida para dicho estudio, es necesaria una planta depuradora para limpiar el agua destinada a uso doméstico, y otras actividades. La ubicación de una planta de estas dimensiones, para abastecer a una ciudad, es complicada porque en ella se vierten gran cantidad de residuos tóxicos, provocando un malestar para los ciudadanos de dicha población.

Evidentemente, en Gandia ya existía una depuradora, pero que con el paso del tiempo ha ido provocando una incomodidad entre los residentes en su cercanía hasta el punto de tener que reubicar ésta dentro del mismo término municipal, de aquí, justamente, nace la idea de hacer un nuevo estudio de la futura ubicación, así como de la técnica empleada para dicho supuesto, la cual es esencial.



Figura 1. Cobertura de pendientes.

Por ello, se ha realizado un análisis territorial de todo el término Municipal de Gandia mediante técnicas S.I.G., ya que para este tipo de trabajos ofrecen un gran potencial,

con el fin de poder reubicar la planta depuradora en cuestión en el lugar de menor impacto ambiental, cumpliendo con los requisitos que una construcción de estas características requiere y determinando de esta forma una mejor ubicación de la depuradora situada en el Término Municipal de Gandia

El hecho de hacer un estudio de la posible ubicación de la depuradora es muy importante, ya que la ubicación errónea de esta depuradora puede ocasionar grandes problemas.

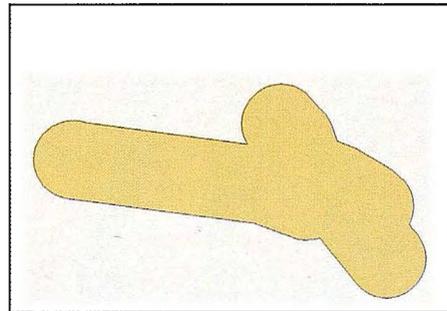


Figura 2. Buffer creado al río, como distancia de seguridad.

La idea de implantar una depuradora puede plantearse como necesidad de los residentes de dicho municipio, ya que debido al aumento de población, así como de industrias y turismo que se registra en dicha zona, han producido un incremento considerable de las aguas residuales. También se pretende con dicho estudio, no sólo mejorar el entorno medio ambiental sino que además de esta manera se coopera con la Comisión Europea para la implantación de más depuradoras en España, ya que según la OCU, el número oficial de depuradoras con que cuenta España es muy insuficiente (la Comisión Europea ha alertado sobre esta situación), y de las que hay ya establecidas, bastantes no están operativas, y otras van a dejar de funcionar en breve. Lamentablemente existen otras que aun estando operativas no ofrecen garantías de éxito, ya que únicamente se limitan a un pretratamiento de los materiales, retirando simplemente los "bultos gordos" que transporta el agua.

2. OBJETIVO DEL PROYECTO.

El presente estudio se ha llevado a cabo por dos estudiantes de la E.T.S.I.G.C.T. en la Universidad Politécnica de Valencia.

Lo que se persigue es realizar un estudio para determinar la mejor ubicación de una depuradora situada en el Término Municipal de Gandia. Para dicho estudio, se han utilizado herramientas S.I.G., ya que se trata de un análisis territorial y del medio, y para este tipo de trabajos ofrecen un

gran potencial, que es justamente lo que se pretende en este proyecto.

Como ya se ha citado anteriormente, el hecho de que se ubique erróneamente una depuradora, puede producir daños irreversibles en el medio, influyendo con ello de una manera directa a los ciudadanos del municipio en cuestión, por ello es tan importante que se realice un buen estudio a priori, teniendo en cuenta todas las variables que pueden afectar al medio, y para poder realizar dicho análisis se deben gestionar de una manera fluida todas estas variables, analizando detalladamente sus fluctuaciones con el medio. Por esta razón es tan importante emplear una herramienta adecuada, que en este caso son Sistemas de Información Geográfica, lo que se conoce como técnicas S.I.G., para analizar aquellas variables que influyen de una manera directa o indirecta sobre el medio.

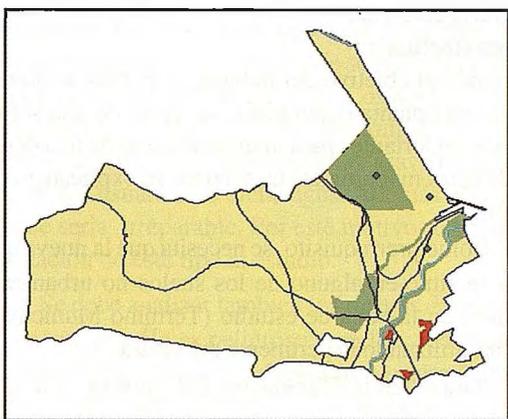


Figura 3. Vista final de las posibles ubicaciones de la depuradora.

3. NECESIDAD DE IMPLANTAR UNA DEPURADORA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE GANDÍA.

Tal y como se ha comentado, el Municipio de Gandía está experimentando un gran desarrollo, tanto a nivel residencial, como industrial, todo ello debido en gran parte al turismo, cada vez más creciente. Todos estos factores han hecho que la calidad del agua presente un cambio drástico en cuanto a su calidad se refiere. Esta razón, junto con la molestia producida sobre los vecinos del barrio de Venecia, barrio donde se encontraba ubicada la antigua depuradora, tanto por los olores, como por los ruidos producidos por ella, ha hecho promover un estudio donde se analice la nueva reubicación de la planta depuradora en Gandía.

La utilidad que tiene una planta depuradora, es la de potabilizar y distribuir diariamente el agua que se extrae de los acuíferos, y ésta a su vez, procesa los líquidos procedentes de las cloacas en su planta. De esta manera las aguas residuales, es decir, el conjunto de aquellas generadas en los domicilios y de las aguas pluviales recogidas en el casco urbano, irían a parar a esta nueva depuradora de Gandía, junto con las generadas en industrias y comercios, sobre todo en los grandes centros comerciales existentes, las cuales están contaminadas por diversas sustancias, tales como materia orgánica, detergentes, grasas y residuos inertes entre los que destacan arenas y otros materiales gruesos. Previamente al vertido de este conjunto de aguas residuales contaminadas a un cauce, éstas deben ser depuradas o regeneradas para mantener la cali-

dad de las aguas superficiales. Dicha regeneración se lleva a cabo en las Estaciones Regeneradoras de Aguas Residuales (ERAR). El objetivo de la descontaminación es el de obtener de nuevo agua limpia mediante la eliminación de las sustancias contaminantes disueltas y no disueltas. Conseguir este objetivo no es fácil y en la práctica se considera agua depurada aquella cuya Demanda Bioquímica de Oxígeno no supera un determinado valor. Este parámetro se llama abreviadamente DBO5 y es mayor cuanto más contaminada está el agua.

Por lo tanto, con esta nueva depuradora, el ayuntamiento conseguiría alcanzar uno de sus objetivos, el cual se trata de sanear la zona, arreglando los cauces y márgenes, que están llenos de sedimentación tanto orgánica como inorgánica, situada en el fondo de dicho cauce, producido por las aguas residuales urbanas.

Éste es el propósito que se pretende conseguir con la nueva planta Depuradora, con sus consiguientes efectos sobre el Medio, ayudando de esta manera a conservar el Medio Ambiente y sobretodo, y lo que es más importante, satisfacer la necesidad de los residentes del Municipio.

4. JUSTIFICACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS S.I.G. PARA ESTE TIPO DE ESTUDIOS.

Ya se sabe la importancia que tiene hacer un buen análisis previo para ubicar correctamente dicha depuradora, porque hay que tener presente que las consecuencias que puede desatar la ubicación errónea de dicha depuradora pueden ser irreparables, lo cual se puede traducir en un malestar en los vecinos próximos a la depuradora, con las incabables quejas y denuncias al ayuntamiento hasta que éste volviese a reubicar la planta depuradora, lo cual conlleva a una incommensurable pérdida de dinero. La no utilización de estas técnicas o el mal manejo de las mismas fue el principal motivo por el cual el ayuntamiento recibió múltiples quejas razonables por parte de los ciudadanos, transformándose en una nueva y copiosa inversión de dinero.

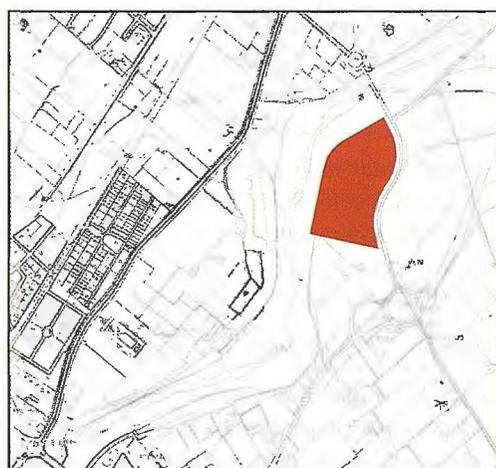


Figura 4. Vista final de la depuradora implantada

Una buena reubicación de la entidad en cuestión trae consigo la correcta utilización de aquellas herramientas que estén a nuestro alcance, por ello en este proyecto se han utilizado técnicas S.I.G., ya que ofrecen un gran potencial a la hora de hacer análisis, y gestionar tantas variables como afectan al medio, ahorrando el consecuente tiempo

que nos llevaría el ir desplazándonos por la zona en cuestión, lo cual implicaría una mayor inversión económica. Esta es una de las ventajas que podríamos encontrar a parte de muchas otras, que más adelante se citan.

En el caso que la depuración de las aguas, que es el trabajo más arduo, conlleve un mal vivir para los ciudadanos en muchos otros aspectos, como por la cantidad de olores generados así como por una posible contaminación acústica, entre otros, no se debería implantar dicha depuradora. Es por ello que existe el riesgo de que se produzca una contaminación ambiental de todo tipo y si dicho problema ocurriera, algunos efectos sobre el medio serían irreversibles. Este es el motivo fundamental por el cual es tan importante su correcta ubicación dentro del término.

Otro aspecto importante a tener en cuenta, se da debido a que Gandia es una zona turística, y a que esta nueva instalación puede repercutir tanto negativa como positivamente, dependiendo de una buena elección en la ubicación de la implantación de la planta. Todos estos factores si no se analizan con sumo cuidado y atención, así como con la precisión requerida, podría acarrear consecuencias irreversibles, tanto económica como socialmente.

Por los motivos comentados, se requiere la realización de una gran cantidad de operaciones de análisis. Por ello, así como por la precisión pretendida para la magnitud de este trabajo, se decidió efectuar el estudio detallado de la implantación de la nueva depuradora de Gandia con el programa ArcGIS de la casa comercial ESRI, es decir, la realización de un sistema de información geográfica, en el cual todas las coberturas utilizadas para el trabajo se encuentran georreferenciadas, siendo esto una gran ventaja frente a otros programas comerciales.

Según la legislación actualmente vigente -REGLAMENTO DE ACTIVIDADES MOLESTAS INSALUBRES, NO-CIVAS Y PELIGROSAS-, es necesario efectuar con carácter previo para este tipo de instalaciones, un estudio, que sin duda posibilitaría una mayor información sobre los efectos en el medioambiente y posibilitaría además valorar adecuadamente los efectos, no sólo en el medio natural, sino también el impacto socioeconómico y en la población, que este proyecto de instalación de esta planta puede causar en su entorno.

5. TRABAJO REALIZADO.

En este punto es de vital importancia tener presente criterios geográficos, geológicos, científicos y técnicos de la ubicación de la depuradora. Por eso en este proyecto se ha tenido en cuenta el enclave geográfico, la orografía, las precipitaciones, etc.

El software que se ha empleado en este trabajo ha sido:

- ArcGIS v8.3, para las operaciones de análisis, así como para la maquetación final de la zona elegida.
- AutoCAD 2004, dado que se disponía de cartografía vectorial en formato.dxf de todo el término municipal de Gandia, y se depuró la misma para poder introducirla en el estudio con ArcGIS.

Cartografía de partida.

En primer lugar partimos de la cartografía temática de la COPUT a escala 1:10.000, para el Término Municipal de Gandia, en formato shape. Las coberturas que en ella nos

encontramos, nos aportan información sobre los Usos del Suelo, las clinometría, la vulnerabilidad de Acuíferos, Riesgos de Deslizamientos, etc...

Dado que la cartografía de partida se disponía en formato en formato Shape (.SHP), se procedió a unificarla convirtiendo las coberturas iniciales a coberturas de ArcInfo, lo cual aumenta el abanico de posibles operaciones de análisis.

Por otra parte, también se contaba con la totalidad del término municipal a escala 1:2.000 y en formato de intercambio.dxf. En este caso, previo a la conversión de formatos, se procedió a depurar la cartografía prestada, ya que ésta presentaba información redundante y superpuesta, así como elementos en mal estado e información inútil para el presente trabajo. Esto fue una tarea tediosa, pero obligada debido al estado en el que se presentaba dicha cartografía vectorial.

Análisis efectuado.

Retomando el objetivo del trabajo, en el cual se pretende reubicar una planta depuradora, se parte de una serie de premisas importantes para la implantación de una depuradora de estas magnitudes, tal y como se explican a continuación:

- Como prerequisite, se necesita que la nueva depuradora se sitúe en alguno de los suelos no urbanizables existentes en la zona de estudio (Término Municipal de Gandia), utilizando la pertinente cobertura.
- Para evitar la degradación del entorno, esta estructura tiene que situarse en una zona de pendiente mínima o incluso inexistente, evitando así la caída de aguas torrenciales por los barrancos o la acumulación del agua en un determinado espacio o valle, con el fin de evitar las aguas torrenciales, salvando así la inundación de dicha instalación. El resultado parcial se muestra en la figura 1.
- Hay que tener en cuenta que dicha depuradora va a originar olores que van a causar importantes molestias a los residentes del núcleo urbano de Gandia. Por ello es de suma importancia que exista una distancia prudente entre la planta depuradora y el núcleo urbano. También hay que tener en cuenta que el tratamiento de residuos puede suponer más contaminación que descontaminación si no se lleva a cabo el correspondiente estudio de accesibilidad a él, y de sus vulnerabilidades con el medio, por lo que se precisa de una buena accesibilidad a la planta. Es decir, que exista proximidad respecto a las carreteras nacionales y autonómicas y al mismo tiempo que se encuentre alejada del núcleo de población por las razones antes descritas.

El estudio abarca también un análisis de la vulnerabilidad que provocaría dicha implantación sobre los espacios protegidos o bien de utilidad pública, con el fin de no perjudicar su entorno ni interferir en él. En el análisis realizado, así como en cualquier estudio de índole similar, se han respetado dichos espacios con respecto a la posible ubicación de la depuradora.

- Dentro del término municipal de Gandia se aprecian varios puntos donde se encuentran explotaciones forestales, pero el espacio más importante de esta ciudad es su playa, siendo por esto que esta zona del término se ha evitado a toda costa, no sólo por ser un espacio tan impor-

tante como lo es, sino que además por tener la gran afluencia de turistas que la visitan. Siendo por estas dos razones por lo que se ha decidido que la ubicación de dicha depuradora se realice a la distancia justa, es decir lo más lejos posible, pero sin excederse, ya que también debe de dar utilidad a dicha zona.

- Otra condición importante se halla en cuanto a los riesgos de deslizamientos, ya que es de vital importancia que esta Depuradora no se ubique en sitios propensos a ser arroyados por dichos deslizamientos. Por ello hay que evitar no sólo el peligro de vidas humanas, sino que además una posible contaminación descontrolada, ya que si dicha infraestructura, por ejemplo, se rompiera o fuera obstruida, influiría directamente en el entorno donde está implantada, perjudicando a los residentes de este municipio.

- Un aspecto muy importante también es el tema de los acuíferos. Debido a la existencia de acuíferos, será de vital importancia que el lugar donde se pretenda instalar la planta no coincida con un acuífero. Los acuíferos abastecen el núcleo de Gandía y la contaminación de estos acuíferos tendría unas consecuencias gravísimas para la salud de los usuarios de dicha agua. Además el daño que se cause sería irreparable. Por este motivo se ha incluido información de este tipo al estudio.

- Se debe analizar también los riesgos de Inundaciones, ya que no sólo es peligroso para las vidas humanas, sino que además dicha inundación provocaría daños irreversibles sobre dicha depuradora, contribuyendo al transporte de dichas aguas residuales de una manera incontrolada.

- Como condición necesaria, se necesita que dicha planta depuradora se encuentre en la zona de influencia de las líneas energéticas existentes, que como se ha dicho anteriormente, se tienen en cuenta ya que la depuradora tiene que estar cerca de estas instalaciones, para así de esta manera poderse abastecer de energía eléctrica.

- Como depuradora que es, debe de estar cerca de algún río y puesto que en Gandía el único río que la bordea, que por desgracia es efímero, es el río Serpis, la ubicación de la misma debe de realizarse cerca de éste, pero siempre manteniendo una cierta distancia de seguridad para evitar cualquier tipo de riesgo de inundaciones. En la figura 2 se muestra la distancia de seguridad del río con respecto a la implantación de la planta depuradora.

Se trata de una ciudad completamente turística, y como tal, dispone de áreas de acampada permitida, las que se han evitado en el estudio de la implantación de la planta depuradora.

Para finalizar, y tras el completo estudio medioambiental, sólo nos falta imponer la condición de la ubicación de la depuradora, la cual necesita implantarse en una zona superior a 25000 m². En este momento se procede a la utilización de la cartografía donde se encuentra el término municipal de Gandía a escala 1:2.000, con información de las parcelas y subparcelas existentes.

A partir de todos estos condicionantes, se han obtenido tres parcelas que cumplen los requisitos técnicos para la implantación de dicha depuradora (figura 3). En este punto el análisis técnico deja de tener sentido, pasándose a

realizar un estudio humano y social, así como económico (el cual no se ha realizado en el presente trabajo).

De estas tres posibles zonas comentadas, se ha elegido aquella que se encuentra más próxima al río, así como se trata de la más alejada del casco urbano, y parece ser la zona menos propensa a extenderse urbanísticamente, o al menos a corto plazo. Tal y como se ha comentado, para esta última elección no se han utilizado técnicas cartográficas-informáticas, sino un conocimiento de la zona y un estudio social. A continuación se muestra la ubicación exacta de la depuradora sobre un plano a escala 1:2000, donde se ha marcado la parcela a la que corresponde (figura 4).

COMPOSICIÓN FINAL

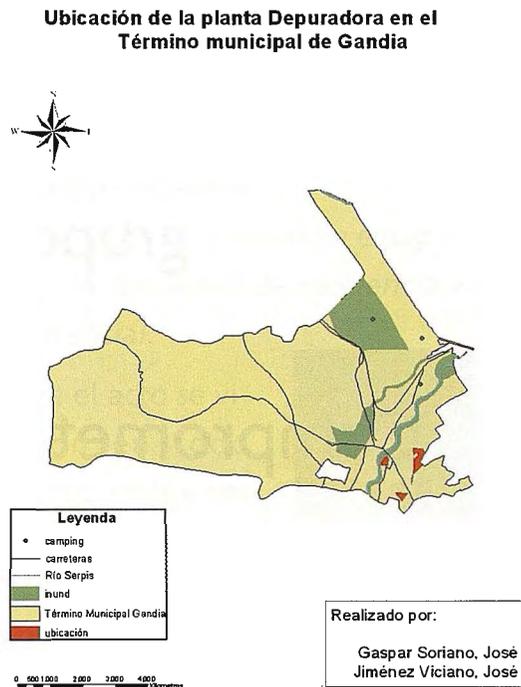


Figura 5. Vista final de la depuradora implantada.

CONCLUSIONES.

A la vista de los resultados obtenidos queda justificada la implantación de la depuradora en el término municipal de Gandía, satisfaciendo uno de los propósitos marcados por el ayuntamiento, que es el saneamiento de las aguas residuales sin perjudicar por ello el bienestar de los ciudadanos, evitando todo tipo de contaminación comentado en apartados anteriores.

Por esta razón es tan importante la correcta ubicación de la depuradora, ya que una mala elección de la zona donde se va a implantar la depuradora podría ocasionar daños irreversibles, como los ocasionados por la antigua depuradora, cuya justificación ha quedado ya demostrada.

Dada la cantidad de operaciones de análisis requeridas, se ha optado por la utilización de técnicas SIG con el software comercial ArcGis de la casa ESRI, ya que se trata de una herramienta informática capaz de gestionar una gran cantidad de datos tanto gráficos como alfanuméricos, permitiendo así realizar un estudio detallado de la zona en cuestión. Con este programa se ha obtenido una solución fiable, mostrando los posibles polígonos donde se ubicaría la planta depuradora requerida.



¡Juntos sumamos!

JUNTA ANUAL GRUPO INLAND 2006 • INAUGURACIÓN INTERNA SEDE CENTRAL

grupo  land
www.inland.es

Comprometidos con el liderazgo

Grupo INLAND hace una apuesta por su desarrollo interno, por la implantación de valores considerados estratégicos y por una manera de trabajar con partners, clientes y proveedores. Tres factores clave para continuar su crecimiento y consolidar la posición de liderazgo en el mercado nacional e internacional.

La reciente inauguración interna de la Sede Central del **Grupo INLAND** en Madrid y la celebración de la **Junta Anual 2006** proporcionaron a **Carlos Monreal**, presidente del grupo y a su equipo, el motivo para dar a conocer la estrategia de la compañía, proyectada a partir de los resultados financieros y la visión de futuro.

Esta estrategia responde a la situación de un mercado que, en buena medida, se ha reorganizado precisamente a partir de **las inicia-**

tivas del Grupo INLAND y de Topcon, cuya **fusión** comienza en estos momentos la **fase de consolidación**.

La apuesta por esta unión se fundamenta en la **gestión eficaz** y en el **talento**

de los empleados, punto de partida que Carlos Monreal concibe como una de las prioridades de la compañía.



D. Carlos Monreal,
Presidente del Grupo Inland

¡Juntos sumamos!

JUNTA ANUAL GRUPO INLAND 2006 • INAUGURACIÓN INTERNA SEDE CENTRAL

El lema *¡Juntos sumamos!* aparece repetido en los expositores situados en la sala de celebración de la Junta y queda subrayado en la exposición del Presidente, quien afirma que *"ser el mejor equipo en calidad humana es una condición para poder cumplir su visión de liderazgo"*.

El enfoque competitivo de **INLAND** responde a la creación de una marca que sea percibida en el mercado por su **innovación**.

El acto de celebración de la **Junta Anual 2006**, celebrada el pasado 23 de abril en el Palacio de Congresos del Recinto Ferial Juan Carlos I, en Campo de las Naciones, reflejó el protagonismo de los valores que derivan de este planteamiento.

"Debemos lograr que se nos reconozca como una empresa que integra soluciones globales, que ofrece servicio de calidad y que dispone de un equipo humano experto, cercano y comprometido con el Cliente" se dijo en la presentación.

Bajo el lema **La fuerza de un grupo** se entregaron premios entre los empleados que mejor representaban los valores reivindicados por la empresa: *la agilidad, la orientación al Cliente y los resultados, el trabajo en equipo, la innovación y la búsqueda de excelencia y el compromiso social.*

Durante el acto se visionaron en todo momento imágenes de deportistas, que hablaban de esfuerzo, de liderazgo o del valor de ganar y de perder.

Con todo ello **INLAND** consiguió también despertar el interés de sus socios japoneses y



D. Carlos Monreal recibiendo un obsequio de manos de D. Norio Uchida, director de Topcon Corporation

Un momento de la exposición de D. Carlos Monreal en la que habló de la integración de Inland y Topcon y sus planes de futuro

D. Ray O'Connor, President & CEO de Topcon Positioning System Inc. durante su discurso

¡Juntos sumamos!

JUNTA ANUAL GRUPO INLAND 2006 • INAUGURACIÓN INTERNA SEDE CENTRAL

Europeos, tanto por la **gestión actual** como por las **expectativas futuras** de una empresa española con **marcado carácter internacional**, cuyos datos financieros revelan una previsión de ingresos superiores a los 30 millones de euros para el próximo ejercicio.

La ceremonia de inauguración que tuvo lugar en su Sede de Madrid, estuvo llena de magia y sentimientos, y contó también con la presencia de los máximos directivos de TOPCON.

Pudimos ver, en definitiva, una empresa más viva que nunca ante el que sigue siendo su gran desafío: **"crear una empresa dinámica, del tercer milenio, sana y con capacidad de crear Valor"**

Maribel Reyes

Profesora UCM y Consultora de Comunicación de Indai

grupo **eland**
www.inland.es

DISTRIBUIDOR EN EXCLUSIVA DE

TOPCON



Un momento durante la visita a la Sede Central de Grupo Inland en Tres Cantos (Madrid)



Vista exterior del edificio de Grupo Inland el día de la inauguración



Miembros de Topcon, posando junto a los hijos de D. Carlos Monreal que portaban pancartas con el lema "Nueva Raza"

D. Carlos Monreal y D. Norio Uchida declaran inaugurada la Sede Central de Inland

Evaluación de la calidad del aire en zonas rurales con el apoyo de técnicas SIG

Dr. Antonio Lozano García,¹ Juan Contreras González²; Juan Ráez Sierra¹

Dulce Nombre Troyano Pulgar¹; Patricia Cortés Moreno¹

¹ Empresa de Gestión Medioambiental (EGMASA) (www.egmasa.es)

² Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (España)

Resumen

En este artículo se propone un nuevo modelo de evaluación de la calidad del aire en zonas rurales afectadas por emisiones industriales en las cercanías, mediante el empleo conjunto de sistemas de captación por difusión y modelos de dispersión de contaminantes. A lo largo del desarrollo del mismo, podrá comprobarse cómo los Sistemas de Información Geográfica se convierten en una herramienta fundamental para la evaluación, siendo utilizados en todas las etapas del trabajo: la planificación de las campañas de medida, la interpolación de los resultados obtenidos, la ejecución de los modelos de dispersión, la determinación de la incertidumbre que éstos introducen y la integración espacial de toda la información conseguida.

Introducción

El objetivo principal de las evaluaciones periódicas anuales es asignar una clasificación a las diferentes particiones del territorio que se realizan, en función de los niveles de contaminación registrados y de una serie de valores legales que se definen. Por tanto, el primer paso es medir los niveles de contaminantes en una determinada zona de estudio.

En este sentido, los equipos de captación por difusión permiten obtener, de una forma sencilla y económica, datos sobre los niveles de contaminación en un gran número de puntos repartidos en un amplio territorio, mientras que los modelos de dispersión estiman los niveles de contaminantes esperados en una determinada zona a partir de las emisiones que tienen lugar en los focos cercanos.

Gracias al empleo de los Sistemas de Información Geográfica, se dota de mayores potencialidades a las técnicas anteriormente comentadas. Su empleo conjunto permite optimizar desde el punto de vista técnico y económico una campaña de medida.



Figura 1. Zona de estudio.

Para la aplicación de este método, se ha elegido como zona de estudio el Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar (Almería, España), debido a su extensión y a las importantes fuentes industriales localizadas en sus alrededores. Las campañas de medida se realizaron durante el primer trimestre del año 2003.

Materiales y Métodos

El modelo de evaluación de zonas rurales que se desarrolla parte de la realización en paralelo de campañas de captadores difusivos en la zona de estudio junto con la ejecución de un modelo de dispersión. En todo el proceso, los Sistemas de Información Geográfica se convierten en herramientas fundamentales para el desarrollo del trabajo.

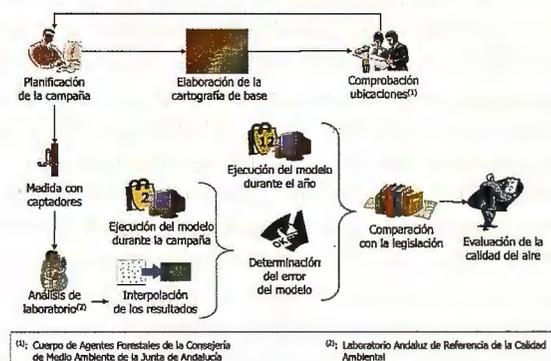


Figura 2. Esquema del trabajo.

La combinación de campañas de captadores con la ejecución de un modelo de dispersión de contaminantes va a permitir optimizar las campañas de medida. En efecto, el inconveniente de las campañas de captadores es el coste económico en el que se incurre, por lo que interesa minimizar su ejecución. Pero ofrece los niveles de incertidumbres más bajos, lo que conlleva que la medida obtenida es fiel reflejo de la realidad a la que representa.

Por el contrario, la ejecución de modelos de dispersión supone un pequeño desembolso económico, pero supone caracterizar la zona con una elevada incertidumbre inherente al empleo de estos sistemas.

Por tanto, la estrategia seguida es realizar medidas con los captadores durante un corto espacio de tiempo (dos meses), con el objetivo de determinar el error que introduce el modelo de dispersión ejecutado simultáneamente. Una vez calculado este error, se realiza la evaluación anual de la zona mediante el modelo de dispersión que ha sido contrastado. El número de medidas a realizar es inferior al que se necesitaría para evaluar la zona en base exclusivamente a la técnica de captación difusiva.

Los captadores se sitúan en ubicaciones representativas de la concentración de contaminantes en su entorno. Así, a partir de una serie discreta de puntos con valores conocidos, se determina la concentración en toda la zona de estudio, interpolando la información a los puntos en los que no se ha realizado medida alguna mediante la aplicación de la teoría estadística espacial.

Hay diferentes criterios de ubicación que deben ser contemplados. En primer lugar, existen unas distancias mínimas a las principales fuentes de contaminación para evitar la determinación de la concentración que directamente es emitida por el foco contaminante. Esto permite medir la contaminación una vez que ha ocurrido un proceso de dispersión en el aire ambiente, obteniendo así una medida más representativa.

Por otro lado, se cataloga todo el territorio en función de los usos del suelo, atendiendo a las características del mismo y a la función a la que está siendo sometido. Es necesario tener en cuenta que no todos los usos del suelo son válidos para ubicar un captador difusivo. Así, se descartan aquellas porciones de territorio que no pueden ser consideradas como adecuadas desde un punto de vista técnico u operacional para llevar a cabo en ellas las operaciones necesarias para la instalación y recogida de los captadores, como embalses, albuferas, salinas, escombreras, vertederos o aeropuertos, por citar algunas de ellas. De las consideraciones desarrolladas anteriormente, se obtiene una distribución teórica inicial de los captadores. Posteriormente, se realiza un desplazamiento a la zona de estudio para comprobar la validez de la posición seleccionada teóricamente. Con el apoyo de las salidas cartográficas en base a ortofotografías y con dispositivos GPS, se han obtenido las coordenadas exactas de cada ubicación.

Determinada la distribución final de ubicaciones, se procede a la instalación de los captadores. Estos dispositivos permanecen en activo durante un periodo de unos quince días. Una vez transcurrido dicho periodo, se procede a su envío al laboratorio, en donde se determina la concentración de contaminantes media existente en el punto de medida para el tiempo de exposición. Los dos meses que dura la campaña de medida deben ser cubiertos con sucesivos periodos quincenales de muestreo.



Figura 3. Instalación de los captadores en campo

Para llevar a cabo la modelización de la calidad del aire se recurre al modelo de dispersión ISCST (Industrial Source Complex) versión 3 de la agencia norteamericana EPA (Environmental Protection Agency).

Para la ejecución del modelo de dispersión es necesario conocer las fuentes contaminantes existentes en las cercanías, para lo que se ha recurrido al Inventario de Emisiones a la Atmósfera en Andalucía, publicado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía en 2003. Para introducir las características topográficas, se ha contado con un modelo digital del terreno de una resolución de 100 metros. Por último, el modelo necesita la meteorología de la zona, para lo que se ha contado con los valores registrados en las torres meteorológicas que la Consejería de Medio Ambiente dispone en la zona de estudio.

Genéricamente, los resultados que ofrece un modelo de dispersión son la respuesta en niveles de calidad del aire a las fuentes de emisión introducidas en la ejecución del mismo. Por tanto, además de los errores propios del proceso de modelización, los resultados no tienen en cuenta otras fuentes de emisión no incluidas ni la contaminación de fondo. Este hecho se contrapone a la medida realizada con los captadores, que determinan la totalidad de la concentración de contaminantes en una zona, como se refleja la Figura 4.

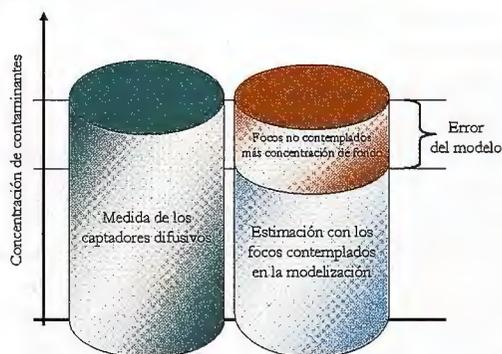


Figura 4. Comparación entre las medidas de los captadores y el modelo.

Por tanto, es posible obtener para cada punto de la zona de estudio el error del modelo (o, genéricamente, la concentración de fondo), sin más que restar del resultado de los captadores difusivos la salida del modelo de dispersión

Se toma como hipótesis que la media de la concentración de fondo obtenida por diferencia entre los captadores y el modelo para el tiempo que duró la campaña es igual a la media de la concentración de fondo anual. Esta hipótesis puede considerarse suficientemente acertada ya que se trata de los niveles de contaminación existentes sin que existan las principales fuentes de contaminación, que son consideradas en la modelización.

Esta descomposición de los niveles de contaminación permite determinar la contribución relativa de las fuentes industriales a la concentración total del contaminante. Este hecho convierte al método aquí propuesto en una herramienta de gran utilidad para establecer políticas activas de protección, ya que, variando los parámetros de entrada en la modelización, puede determinarse las disminuciones que introduciría una regulación en las empresas que contribuyen más a la concentración final obtenida, o cómo se verían afectados los niveles de contaminación con la implan-

tación de nuevas actividades potencialmente contaminadoras en el entorno del espacio protegido.

El software SIG utilizado ha sido ArcGis 8.3. La extensión Spatial Analyst es utilizada para las interpolaciones espaciales, así como para el álgebra de capas necesaria. La extensión Map Book posibilita la generación de la cartografía en detalle de cada ubicación de los captadores.

Todo el proceso analítico con los captadores difusivos se ha realizado en el Laboratorio Andaluz de Referencia de la Calidad Ambiental (LARCA). La planificación, la gestión SIG y la ejecución de los modelos de dispersión se han realizado en el Centro de Datos de Calidad Ambiental (CDCA) de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Resultados y discusión

Con las consideraciones anteriores, se planificó la campaña de medida. Se utilizó un total de 76 ubicaciones que, tras comprobar su validez con el desplazamiento a campo, quedaron repartidas según se muestra en la Figura 5.

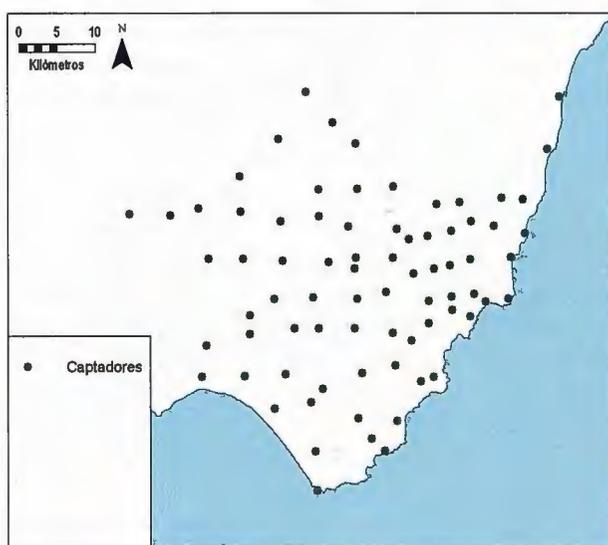


Figura 5. Distribución de los captadores en la campaña.

Realizada la toma de muestra y el análisis de laboratorio, se procedió a interpolar espacialmente los resultados obtenidos en los captadores. Se muestra en la Figura 6 el valor medio de SO₂ durante la campaña de medida.

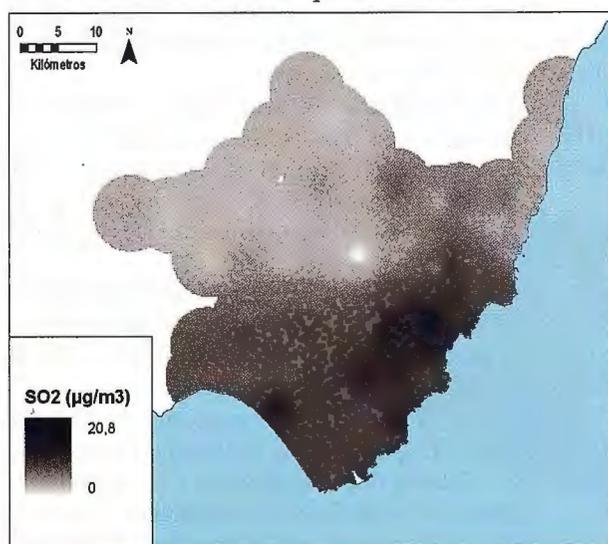


Figura 6. Concentración media de SO₂ (µg/m³) obtenida mediante captadores difusivos.

Se localiza una zona con altas concentraciones (en el entorno de 20 µg/m³), aunque la mayor parte de la zona de estudio se encuentra caracterizada por una concentración inferior a 7,5 µg/m³ de SO₂.

Simultáneamente a la realización de la campaña de captadores difusivos, se realizó la modelización para el periodo de dos meses en el que aquella se desarrolló, obteniéndose los resultados que se muestran en la Figura 7.

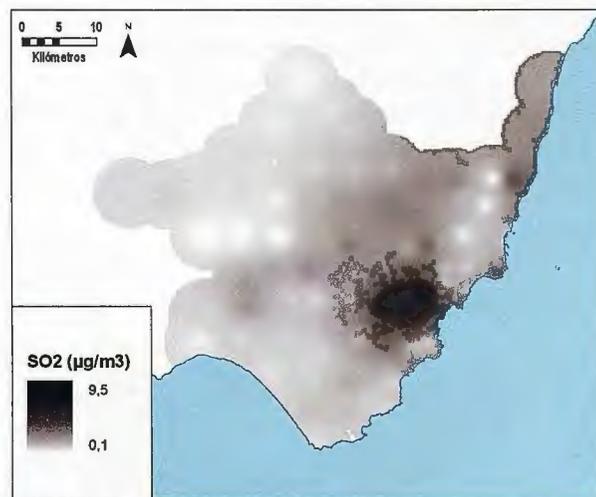


Figura 7. Resultado de modelo de dispersión para SO₂ (µg/m³) durante la campaña de captadores difusivos

Se observa una zona de máximos valores en la misma posición que la obtenida con los captadores difusivos. Los valores máximos encontrados se sitúan sobre los 9 µg/m³. La mayor parte de la zona de estudio se sitúa por debajo de los 4 µg/m³.

La diferencia entre los valores obtenidos por medición y los del modelo de dispersión durante la campaña de medida da lugar al error del modelo (o a los niveles de fondo), mostrados en la Figura 8.

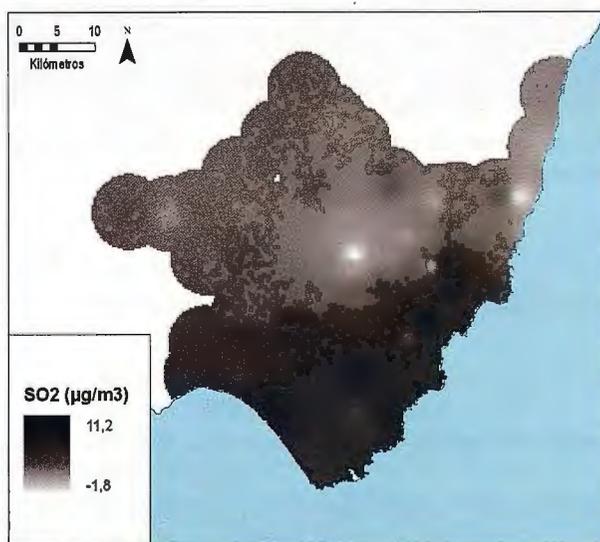


Figura 8. Concentración de fondo en la región de estudio para el tiempo que duró la campaña.

La modelización debe representar siempre un valor menor o igual a la concentración determinada por los captadores (concentración de fondo mayor o igual a cero), pero debido a errores en el proceso de modelización o en toma de muestra aparecen pequeñas extensiones de terreno con valores de fondo negativo. Estos valores se consideran como cero en el resto del proceso.

Una vez determinada la contribución a la contaminación total registrada de la componente debida a la concentración de fondo y la provocada por fuentes industriales, es posible conocer la importancia relativa de ésta última. Se observa cómo la componente de fuentes industriales es del mismo orden que la fracción debida a fondo. Esto supone que la zona no se encuentre altamente contaminada. Se realizó una nueva ejecución del modelo de dispersión para todo el año 2003, a la que se le suma los valores de la concentración de fondo calculada anteriormente. Se obtiene así la concentración total esperada para la zona de estudio, según se muestra en la Figura 9. Se representan los espacios protegidos de la zona para referenciar la localización de las mayores concentraciones.

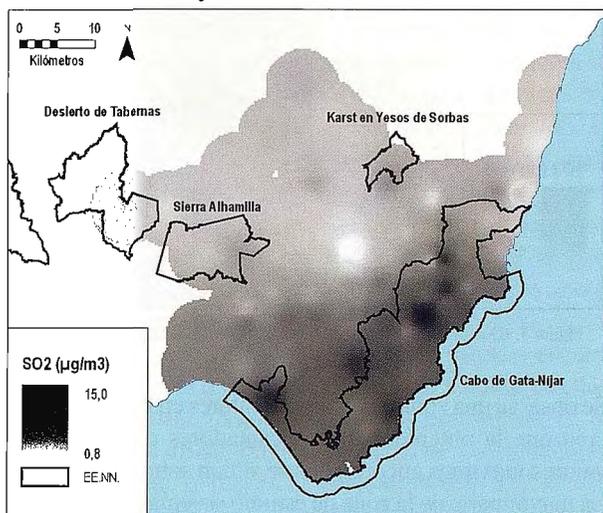


Figura 9. Media anual de la concentración de SO₂ durante el año 2003 en la zona de estudio.

Los bajos valores encontrados en la zona de estudio han permitido obtener una clasificación en la más baja existente, según establecen las Nuevas Directivas Europeas de Calidad del Aire transpuestas al ordenamiento jurídico español en el Real Decreto 1073/2002.

Es posible conocer la situación particular de las diferentes entidades (municipios, aldeas, zonas industriales) englobadas en la zona de estudio mediante una consulta espacial de los valores de contaminación sobre su territorio.

ESTACIONES	Elipsoide de Bessel
M'Sabíha	L = 35° 39' 37" 05
	M = 3° 11' 10" 77
	Z (Filhaussen) = 46° 54' 11" 76
Filhaussen	L = 35° 00' 34" 64
	M = 4° 01' 38" 69
	Z (M'Sabíha) = 226° 24' 59" 22
Mullacén	L = 37° 03' 17" 59
	M = 5° 38' 57" 91
	Z (Telica) = 254° 14' 54" 85
Telica	L = 37° 15' 14" 71
	M = 4° 45' 03" 14
	Z (Mullacén) = 74° 47' 28" 59

Tabla 1. Valores máximos encontrados en los términos municipales incluidos en la zona de estudio (sólo los cinco mayores máximos anuales).

También ofrece interés el análisis de los espacios naturales incluidos en la zona de estudio, ya que además del Cabo de Gata-Níjar, el área de representatividad de los captadores ha englobado otros espacios protegidos. Análogamente al caso de los términos municipales, se presenta en la siguiente tabla los valores máximos encontrados.

El Cabo de Gata-Níjar presenta los valores mayores en todos los estadísticos estudiados, lo que justifica que el análisis se haya centrado en él. El resto de espacios protegidos presentan unos valores significativamente inferiores.

ESTACIONES	Elipsoide de Bessel
M'Sabíha	L = 35° 39' 37" 05
	M = 3° 11' 10" 77
	Z (Filhaussen) = 46° 54' 11" 76
Filhaussen	L = 35° 00' 34" 64
	M = 4° 01' 38" 69
	Z (M'Sabíha) = 226° 24' 59" 22
Mullacén	L = 37° 03' 17" 59
	M = 5° 38' 57" 91
	Z (Telica) = 254° 14' 54" 85
Telica	L = 37° 15' 14" 71
	M = 4° 45' 03" 14
	Z (Mullacén) = 74° 47' 28" 59

Tabla 2. Valores máximos encontrados en los espacios protegidos incluidos en la zona de estudio.

Conclusiones

En este artículo se desarrolla un método de evaluación de la calidad de aire en entornos rurales de gran extensión. Gracias al empleo de los Sistemas de Información Geográfica, es posible combinar la aplicación de modelos de dispersión con los sistemas de captación difusiva. Esta combinación permite optimizar las medidas necesarias para realizar la evaluación, con el consiguiente ahorro económico que ello supone.

Así, la información suministrada por ambos métodos pasa de ser una mera nube de puntos con valores de concentración conocida a poder ser integrada con el resto del conocimiento existente de la zona.

Este hecho ha permitido el desarrollo de un procedimiento de evaluación que adquiere grandes posibilidades en la aplicación en áreas de gran extensión, donde la evaluación a través de otros métodos supondría un desembolso económico más elevado.

La descomposición de la concentración total del contaminante en sus componentes de fondo e industrial permite determinar la contribución relativa de ésta última. Este hecho convierte al método aquí propuesto en una herramienta clave a la hora de la toma de decisiones acerca de políticas activas de protección, como pueden ser la regulación de las empresas que contribuyan más a la concentración final obtenida o la limitación de la implantación de nuevas actividades potencialmente contaminadoras en el entorno del espacio protegido.

Los niveles de SO₂ encontrados en la zona de estudio han sido bajos, lo que conlleva que la evaluación dé como resultado la clasificación en la categoría más baja posible de entre las establecidas en el R. D. 1073/2002.

Bibliografía

- Baldasano, J. M. «Modelización Atmosférica». Universidad Politécnica de Cataluña, 1996
- Burrough, P. A.. «Principles of Geographical Information System for Land Resources Assesment». Oxford Science Publications, 1986
- Carmichael, G.R. et al. «Measurement of SO₂, O₃ y NH₃ concentrations in Asia, Africa, and South America using passive samplers». Atmospheric Environment, 1998
- Ferm, M. et Svanberg, P. «Cost-efficient techniques for urban and background measurements of SO₂ and NO₂». Atmospheric Environment, v. 32, n.8, 1998
- Lozano García, A. «Optimización del Diseño de Redes de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire y su Aplicación en Andalucía». Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla (España), 2004
- Ponte, R. y Bosque, J. «Comparación de Métodos de Cálculo para la Obtención de la Variable Precipitación en un SIG». Estudios Geográficos, Abril - Junio 1997
- Zannetti, P. «Air Pollution Modeling: Theories, Computational Methods and Available Software». Computational Mechanics Publications-Springer Verlag, 1990

Tecnología Leica GNSS Por encima de lo habitual



Presentamos la tecnología Leica GNSS (GPS and GLONASS)

Añada más satélites GLONASS al sistema GPS con las más altas prestaciones del mundo. Reduzca el tiempo de adquisición y aumente su productividad - sobre todo cuando los árboles impiden la recepción de los satélites GPS. La más que experimentada fiabilidad del System 1200 sube de nivel con el soporte de GLONASS para entregar resultados excelentes con SmartTrack y SmartCheck+.



Leica GX1230 GG/ATX1230 GG GPS y tecnología GLONASS GNSS

- Más mediciones desde todos los satélites GLONASS
- El primero del mundo
- SmartTrack+ & SmartCheck+
- Totalmente compatible con Leica TPS1200 y SmartStation
- Creado para soportar futuras señales GNSS (GPS L5 & Galileo)

Para organizar una demo, contacte con su representante local de Leica Geosystems.

Leica Geosystems, s.l.
Nicaragua, 46, 2º 4ª
E- 08029 BARCELONA
Tlf.: (+34) 93 494 94 40
Fax: (+34) 93 494 94 42
www.leica-geosystems.com

- when it has to be right

Leica
Geosystems

Una implementación del Modelo de Metadatos de OpenGIS

Rafael Oliva Santos, Eduardo Quesada Orozco - Universidad de la Habana

Resumen

El uso de metadatos para documentar la Información GeoEspacial y el uso de estándares internacionales para su gestión tienen gran importancia. En este trabajo se presenta un modelo de Metadato de Información Geográfica según la norma OGC (Open Geospatial Consortium) y la implementación de una herramienta computacional para su administración y consulta. Este modelo está compuesto por un diseño Relacional y una Metodología para interactuar con dicho diseño. Se introduce un mecanismo de herencia, similar al propuesto por la Orientación a Objetos, para facilitar la reutilización de información en el modelo propuesto.

Introducción

La gestión de la información geoespacial ha aumentado en los últimos años. Información geoespacial es aquella información de entes o eventos en la que está incluida la referencia a su localización en la superficie de la Tierra o las proximidades de esta.

Los logros alcanzados en materia de Informática y Comunicaciones a finales del siglo pasado dieron paso a un nuevo intercambio de grandes volúmenes de datos, así como al proceso y acceso de los mismos. Por lo que se hace cada día más necesario un mecanismo bien estructurado para documentar los datos geográficos. Ante esta problemática surgen los metadatos de información geográfica, que constituyen información sobre los datos geoespaciales.

El uso y gestión de metadatos tiene gran importancia ya que estos recogen toda la información sobre el dato que no está contenida en él. Un metadato documenta un dato o un conjunto de datos y contiene elementos relacionados con la semántica de los datos, su calidad, autor, modo de identificación, restricciones de uso y mantenimiento.

Existe una diversidad de formas de conformar un metadato, aspecto que está dado por el hecho que la documentación del dato geoespacial es un texto libre, por lo que cada organización o institución le da el formato que responde más a sus intereses concretos y particulares. La pluralidad de formatos da como resultado el no entendimiento de las partes que participan en un intercambio o transferencia de datos.

Para lograr una mayor unificación de la semántica de los datos se propone la implementación por parte de los modelos de metadatos de los estándares internacionales para metadatos de Información Geográfica.

En este trabajo propondremos un modelo de Metadatos de Información Geográfica según el estándar de Metadatos OGC [OPE] [V1], presentada por Open Geospatial Consortium, basado a su vez en la norma ISO 19115 [ISO][V2]. Además propondremos un sistema computacional que permita la gestión de Metadatos que cumplan con dicho estándar.

Análisis y diseño de un Modelo de Información geográfica según la norma OGC.

«Un modelo de datos es una definición lógica, independiente y abstracta de los objetos, operadores y demás que en conjunto constituyen la máquina abstracta con la que interactúan los usuarios. Los objetos nos permiten modelar la estructura de los datos. Los operadores permiten modelar su comportamiento» C. J. Date [DAT].

El modelo de persistencia para metadatos de información geográfica, uno de los objetivos de este trabajo se compone de una propuesta de diseño Relacional que es un modelo de dato y el planteamiento de una metodología. El diseño Relacional abarcará todo lo referente a cómo será el almacenamiento. La metodología puntualizará cómo trabajar e interactuar con dicho diseño Relacional.

El diseño Relacional, como el nombre lo indica, está basado en el Modelo Relacional. El Modelo Relacional fue introducido en 1970 por el científico E. F. Codd. Este modelo se basa en dos grandes ramas de las matemáticas: la lógica de predicados de primer orden y la teoría de conjuntos. El Modelo Relacional tiene una estructura lógica sencilla: a nivel lógico todos los datos se estructuran en tablas formadas por filas y columnas.

El diseño Relacional que se propondrá está basado en un diseño Entidad-Relacionalidad. Este diseño sigue fielmente el estándar OGC. Este estándar consiste en el establecimiento de datos y relaciones entre ellos con un nivel de obligatoriedad determinado. Estos elementos encierran la información almacenada en un metadato y permite que esta información sea persistente en el tiempo y de esta forma pueda ser almacenada en dispositivos magnéticos como con los que contamos en la actualidad.

El estándar propuesto por OpenGIS Consortium [V1] es muy abarcador y reúne todos los elementos que son necesarios para documentar debidamente datos geográficos. Este estándar define una terminología básica e imprescindible para la correcta documentación de la información geográfica.

Para la creación del diseño Entidad - Relacionalidad se tuvieron en cuenta los anexos de la norma OGC [OPE]. En esta se expresa en diagramas de clases, desarrollados en Unified Modeling Language (UML), todos los elementos que conforman un metadato y las relaciones existentes entre ellos. En este trabajo se hará referencia al diseño Entidad - Relacionalidad solamente con la palabra «diseño».

Composición de un Metadato OGC.

Un metadato OGC es un conjunto de datos y relaciones, estos datos se pueden agrupar en módulos entre los que habrá fuertes vínculos, al igual que entre los datos que conforman un módulo. El esquema siguiente muestra la

Nueva Versión

TCP-MDT

5

Levantamientos

Proyectos

Replanteos

Carreteras

Urbanizaciones

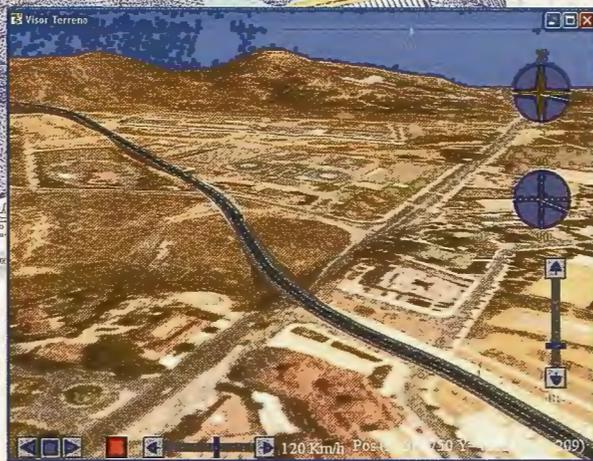
Canteras

Topografía

Construcción

Urbanismo

Ingeniería



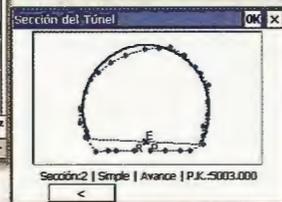
autodesk
authorized developer

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

Orto3D

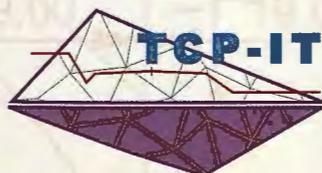
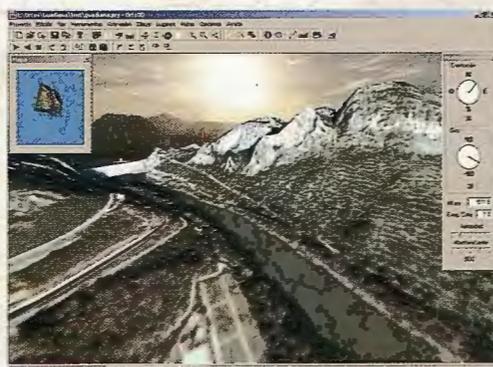
Presentaciones realistas de alta calidad

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

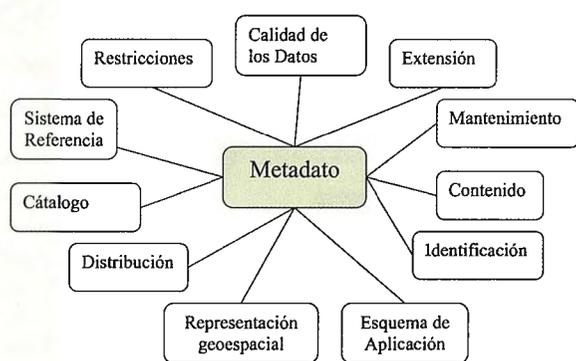
Tlf: 952-439771

Fax: 952-431371

www.aplítóp.com

info@aplítóp.com

relación existente entre los principales módulos y la entidad principal del metadato:



A continuación se listarán los módulos principales que componen un metadato OGC. Entre paréntesis se nombrará la entidad principal de cada módulo según la norma OGC:

- Información del Metadato (MD_Metadata).
En este módulo se almacena la información de corte general referente al metadato, ejemplo de esto son las fechas de creación y última actualización, como contactar al responsable del metadato, cuál es el estándar que cumple el metadato y que versión de este específicamente; así como información sobre restricciones de uso y acceso a los datos.
- Identificación (MD_Identification).
Recoge los datos desde el punto de vista de descubrimiento del metadato, es decir provee los elementos suficientes para una rápida identificación del dato o del conjunto de datos que se está documentando. Este módulo incluye información sobre la fuente del dato, su resumen, propósito, personas naturales de contacto para satisfacer intereses más específicos; así como el estado de avance en la creación del dato y su actualización.
- Sistema de Referencia (MD_ReferenceSystem).
Describe el sistema de referencia geoespacial y temporal usado. Recoge el tipo de coordenadas usadas e información general con el objetivo de hacer conversiones de un sistema de coordenadas a otros.
- Restricciones (MD_Constraints).
En este módulo se especifican las restricciones que tienen el uso y manejo de los datos
- Calidad de los Datos (DQ_DataQuality).
Este módulo contiene una valoración general de la calidad de los datos. La entidad de DQ_DataQuality es opcional y contiene la información sobre las fuentes y procesos de la producción usados en la obtención de los datos.
- Mantenimiento (MD_MaintenanceInformation).
Este módulo almacena la información referente a la frecuencia de actualización del dato.
- Representación geoespacial (MD_SpatialRepresentation).
Recoge datos necesarios para la visualización y representación gráfica del dato, como puede ser el tipo del dato (ráster o vectorial) y otros aspectos como son la dimensión del dato, escala de visualización.
- Contenido (MD_ContentInformation).

Este módulo contiene información que identifica los rasgos del catálogo usado e información que describe el volumen de los datos y tiene como objetivo fundamental detallar las entidades y atributos que componen al dato descrito.

- Referencia de Catálogo (MD_PortrayalCatalogueReference).
Este módulo contiene información que identifica el catálogo usado.
- Distribución (MD_Distribution).
Este módulo contiene la información sobre el distribuidor del recurso, opciones sobre como obtenerlo, la identificación del distribuidor, el formato de la distribución, y el medio usado para la distribución entre otras. Tiene como objetivo fundamental proveer todos los datos necesarios para que se puedan llevar a cabo solicitudes de datos.
- Extensión (MD_MetadataExtensionInformation).
Contiene información adicional.
- Esquema de Aplicación (MD_ApplicationSchemaInformation).
Información acerca del esquema de aplicación utilizado para construir el conjunto de datos.

Análisis de los Datos presentes en la Norma OGC.

En la norma OGC la información se organiza de diferentes maneras, por lo que existirán distintos tipos de Datos que la representen. El grado de obligatoriedad de los elementos que conforman un dato varía por lo que se hace necesario la imposición de mecanismos que garanticen estos niveles en cada uno de los casos

Tipos de Datos presentes en la Norma OGC.

En la norma, encontramos principalmente dos tipos de datos: Atómicos y Compuestos.

Atómicos: Son datos indivisibles, que expresan una información coherente y completa. Estos están formados únicamente por un elemento.

Compuestos: Son los datos formados por más de un elemento, en los que cada uno de ellos no aporta la información que se espera para el dato general sino que es un subconjunto de ella, es necesaria la agrupación de la información brindada por todos los elementos que conforman el dato para lograr la coherencia y completitud en la información que se debe ofrecer. Los elementos que forman estos datos pueden ser a su vez datos compuestos o datos atómicos.

En el diseño Relacional se propone que los datos compuestos se almacenan en tablas donde todas las columnas representan alguno de los elementos que conforman el dato. Por tanto a un dato compuesto le corresponde una fila en la tabla que almacena los datos de ese tipo.

La referenciación a este tipo de datos será siempre mediante identificadores. Si un dato compuesto contiene de igual forma datos compuestos, los identificadores de estos serán almacenados en un campo habilitado para ellos en la fila del dato, como ocurre con los datos atómicos.

No existirán datos atómicos que no pertenezcan a algún dato compuesto por lo que los datos atómicos se representarán como una columna más dentro de alguna tabla.

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
www.invarsl.com

Ejemplo:

La entidad "Identificación del Dato" es un dato compuesto ya que es necesaria la agrupación de todos los elementos que la conforman para lograr tener una coherencia y completitud en la información sobre la Identificación del dato.

MD_DataIdentification
Environment Description
Supplemental Information
Character Set

Sin embargo elementos como: la descripción del ambiente y la información suplemental son datos atómicos, ya que ellos por sí solos transmiten una información válida y lógica.

Obligatoriedad de los elementos que conforman un metadato

Según OGC los datos que conforman un metadato pueden clasificarse atendiendo a su existencia en: obligatorios, opcionales o condicionados a la existencia de otros datos.

Para lograr las clasificaciones de obligatoriedad de un dato en el metadato que define la norma OGC, el modelo planteado establece como aspecto obligatorio el establecimiento de un conjunto de medidas empleando los recursos de restricciones (constraints) que brinda SGBD donde se implemente, ejemplo de esto es restringir un campo a que no acepte valores NULL o la utilización de disparadores (trigger) para evaluar o verificar la existencia de datos o de condiciones.

Relaciones presentes en la norma OGC.

En la norma OGC se observan principalmente cinco tipos de relaciones según la aridad, es decir la mínima y máxima cantidad de elementos con los que se establece la relación.

Cero o un elemento: Se almacena el identificador de este en la tupla correspondiente, en caso de no almacenarlo se le asigna el valor NULL al campo correspondiente.

Un elemento: Propio de los datos compuestos que constituyen elementos obligatorios dentro de otros datos.

De cero a dos elementos: Aunque la norma no expresa nada al respecto el modelo se crean dos columnas para el almacenamiento de estos datos. En caso de existir sólo uno se almacena en la primera columna, de forma que es imposible tener algún dato (distinto de NULL) en la segunda columna sin que en la primera se almacene otro distinto de NULL.

Mayor igual que cero elementos: En este caso como no se conoce la cantidad exacta de elementos a almacenar estos se almacenan en una tabla auxiliar donde cada elemento va acompañado del elemento con el que está relacionado. Mayor igual que un elemento: Este caso es similar al anterior y se garantiza la inserción de al menos un elemento mediante el uso de restricciones.

Aspectos abiertos de la norma OGC. Relaciones inter-modulares en los Metadatos de Información Geográfica.

La norma por tener un carácter tan general y amplio omite algunos detalles y sacrifica ciertos aspectos para ganar en generalidad y que sea posible la adopción de la misma por distintas instituciones o países. Es por eso que el modelo planteado, a pesar que está diseñado con bastante nivel de abstracción intentando ser lo más general posible, hace algunas modificaciones de la misma y la adecua ciertas cuestiones según criterios más específicos. Estas modificaciones no pretenden en medida alguna acotar la información propuesta por la norma sino que tratando de no perder la posibilidad de extensión ajustar ciertos parámetros para lograr un mejor modelado.

Los metadatos son la documentación de los datos. Las relaciones existentes entre los datos se convierten en relaciones entre los metadatos. Existen varios tipos de relaciones entre los metadatos, las que son mayores en número que las presentes entre los datos.

Herencia entre los Metadatos de Información Geográfica.

Entre los metadatos se manifiestan relaciones de herencia; esto está dado por el vínculo semántico y la abstracción que tengan los datos que son documentados en ellos. Existen «características» que se repiten o se «heredan» en un metadato de menor nivel de abstracción de uno con mayor nivel.

En la norma para reflejar la relación de herencia se almacena en la entidad metadato un identificador de otro metadato que pudiera ser su antecesor en cuanto a abstracción o el manejo de ciertos conceptos. La modelación adecuada de un mecanismo de Herencia se deja libre en la norma OGC.

Generalidades de la herencia entre Metadatos de Información Geográfica.

La presencia de elementos comunes entre datos de información geográfica está dada porque estos reflejan precisamente la realidad desde un punto de vista geográfico, lo que hace que esta pueda ser observada desde varios niveles de abstracción.



**Una
nueva
dirección**

**Confianza, Innovación, Satisfacción... Sensaciones que
encontrará en el nuevo proyecto de Sokkia España**

DITAC SOLUCIONES, S.L.
Albasanz, 14 bis 1ºE
28037 MADRID
Tel.: 34914401320
Fax: 34913759562
www.sokkiaditac.es

SOKKIA

Cada uno de los niveles de abstracción, con los que puede ser documentada la información geoespacial, tienen sus características propias que lo distinguen de los demás y hace necesario su estudio por separado. Al mismo tiempo muchos niveles contienen elementos que están presentes también en el nivel de abstracción inmediato superior.

La estrecha relación entre estos niveles de abstracción hace evidente las relaciones de herencia presentes entre datos de este tipo. Ejemplo de esto pudieran ser los datos referentes al municipio Habana del Este, un nivel mayor de abstracción pudieran ser los mismos tipos de datos pero tomados de la Provincia Ciudad de La Habana, entre estos dos conjuntos de datos existe una estrecha relación dada precisamente porque uno contiene, abarca, colinda o está fuertemente vinculado geográficamente al otro. Ambos datos comparten datos como son la Elipsoide Geodésica y la Proyección.

Una relación de parentesco entre datos hace que exista también una relación entre los metadatos que los describen. Este vínculo entre los metadatos de información geográfica es mucho más fuerte, ya que no solamente este tipo de metadatos documentan el dato desde el punto de vista de su contenido sino también que lo describen teniendo presente otros aspectos no geográficos como pueden ser: la calidad del dato, formato en que se encuentra almacenado, autores, elementos que lo identifican, entre otros.

Es muy frecuente que datos que tengan relación desde el punto de vista geográfico hayan sido recolectados o creados por la misma institución o los mismos autores. Si se agrupan los metadatos según intereses específicos se podrá observar que en la mayoría de los casos existe una estrecha vinculación geográfica entre ellos. Esta estrecha relación trae consigo que todos los metadatos que están involucrados en ella sean necesarios para cualquier proceso que vincule primeramente a alguno de ellos.

El hecho que datos de información geográfica tengan como responsables a las mismas instituciones o especialistas hace posible que estos generalmente tengan el mismo nivel de calidad, estén almacenados en igual formato y tengan elementos comunes que los identifican de otros conjuntos de datos. Todas estas características están recogidas en los metadatos y de esta forma se reafirma el vínculo existentes entre los datos.

Una solución a las relaciones inter-metadatos desde la perspectiva del paradigma de Programación Orientada a Objetos.

Un problema existente en cualquier modelación de metadatos es como optimizar el almacenamiento de estos datos y como evitar los errores humanos a la hora de tener que repetir toda la información que es común a varios niveles.

Este mismo problema se dio en la programación. La mayoría de los modelos ya sea de la realidad objetiva o entidades que surgen de nuestras necesidades tienen una estructura jerárquica donde están presentes las relaciones de herencia.

1. Las relaciones de herencia en la Programación Orientada a Objetos.

La Programación Orientada a Objetos (POO) surge en la década de los 70 con una nueva propuesta de paradigma de hacer software, la cuál refleja mucho mejor el mundo

real que los paradigmas de programación existentes «en ese momento» y trae consigo conceptos y mecanismos nuevos como son los de clase, objeto, polimorfismo y herencia.

La herencia es uno de los principales pilares de la Programación Orientada a Objetos (POO). La herencia como recurso de la POO es un modelo de abstracción de la realidad e imita las relaciones de parentesco existentes entre los seres vivos y las consecuencias que estas implican; refleja la precedencia existente entre diferentes niveles conceptuales que también se pueden ver como relaciones de parentesco.

La herencia permite y potencia la reutilización de código: ya que las clases hijas heredan las funcionalidades de la clase padre. Este recurso hace posible que los herederos o descendientes se especialicen, es decir redefinan las funcionalidades de su ancestro y permite que los herederos puedan ampliar el modelo propuesto por el ancestro, tienen la posibilidad de sumar nuevas funcionalidades no planteadas en la definición del padre.

2. Modelo de las relaciones de herencia entre Metadatos de Información Geográfica.

Proponemos establecer un modelo de herencia como el planteado en la POO a nivel de metadato, ya que la norma precisa tener referencia a algún metadato que haga la función de padre, es decir que esté en un nivel más alto de abstracción en la misma línea de desarrollo. Puede ocurrir que un metadato no tenga antecesores es decir, que todos sus elementos son propios de él porque no son heredados.

Al establecerle el antecesor a un metadato automáticamente este hereda todos los datos y módulos que conforman al padre. Es decir, sus datos atómicos toman los mismos valores que el padre y los módulos son los mismos. De esta manera se logra la reutilización de la información, evitando así almacenar la misma información varias veces y los errores e inconsistencias lógicas que esto traería.

Para lograr que esta herencia permita la especialización de los herederos, estos tienen la posibilidad de cambiar tanto los datos atómicos como los módulos, en cuyo caso a partir de este nivel en la herencia los datos y módulos a heredar son los redefinidos. Los herederos tienen la posibilidad de ampliar los datos o cantidad de módulos propuestos por su antecesor, siempre que la cantidad se mantenga dentro de la establecida por la norma para cada tipo de módulo.

Con este modelo se logra el principal objetivo de la herencia en la Programación Orientada a Objetos, la reutilización. Este modelo mantiene las dos formas de herencia más conocidas:

- Generalización (Para ampliar el concepto heredado).
- Especialización (Para especializar una parte del concepto heredado).

Una implementación de herencia desarrollada en el diseño Relacional.

El modelo de la persistencia de los datos que se planteará en este trabajo está basado en un diseño Relacional. Actualmente se están introduciendo en los ambientes relacionales algunas nociones de la orientación a objetos.

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



GRUPO

AZERTIA

www.azertia.com

Es necesario desarrollar el modelo planteado anteriormente que es puramente orientado a objeto en un entorno Relacional.

1. Correspondencia entre el diseño Relacional y la propuesta de modelación Orientada a Objetos

Primeramente hay que darle a cada metadato la categoría de «clase», cuya clase predecesora sería el estándar OGC, es decir el estándar como tal lo consideraremos el padre de cualquier jerarquía. Cada metadato (clase) será un heredero de esa especificación (clase) de manera directa o indirecta.

Los metadatos que no tienen referencia a otro metadato como padre se asume que heredan de la especificación, de esta manera se garantiza que todos cumplan con la especificación porque en cada jerarquía existe un metadato que no tiene padre. Los elementos por los que está formado el metadato serán sus variables de instancia.

Los tipos módulos serán una especie de colección de objetos, es decir serán variables de instancia, y en ellas estarían almacenados los módulos de ese tipo presentes en el metadato. Estos serán vistos como referencias a objetos (contenido de módulo) ya que son almacenados en tablas distintas y son accedidos a través de un identificador presente en la tabla principal perteneciente al metadato. Hasta este punto se sigue la misma filosofía que la POO y el manejo de objetos se hace por referencia.

Los datos atómicos serán las variables de instancia que almacenan los datos de tipos primitivos. , Estos no son tratados a través de identificadores sino que su valor como es atómico es almacenado en la tabla principal del metadato en un campo previsto para cada uno. Estos no son tratados como lo hace la POO, principalmente porque son datos muy factibles a cambiar de un metadato a otro. Su simplicidad de representación hace posible que se manejen así. En este caso el modelo planteado se refiere solamente a las variables de instancia obviando los métodos y funciones, ya que a estos no se les ha hecho corresponder ningún elemento en el modelo.

2. Implementación del modelo de herencia

Al establecer un antecesor todos los campos del metadato (variables de instancia) serán copias fieles de las del metadatos antecesor. En el caso de los datos atómicos (tipos primitivos) en cada campo estará una copia del dato correspondiente en el padre y en el caso de los módulos (objetos) en cada campo habrá una copia del identificador (referencia) existente en el padre. Es decir, la herencia directa sucede de igual forma que en la POO.

Un heredero debe tener la posibilidad de redefinir los módulos heredados de la definición de su antecesor y los cambios que este realice quedan establecidos para todos aquellos que hereden de él. En cualquier caso la definición del padre se mantiene inmutable.

En caso que un metadato cambie la definición de algún módulo heredado, estos cambios se reflejarán también en la definición del metadato padre, puesto que ambos metadatos contienen identificadores iguales al módulo modificado. Esto constituye un problema y va en contra de lo planteado en la POO.

La solución a este problema podría ser que el heredero creará otro módulo que sea copia fiel del primero y es a este segundo al que se le harían las modificaciones. Para

lograr que las entidades hijas que no hayan redefinido el módulo cambiado, tengan acceso al módulo modificado es necesario tener información sobre si el módulo que se desea modificar es heredado o no. Crear un nuevo módulo implica crear un nuevo identificador y perder la referencia al módulo original. Tener la información si un módulo es heredado o no, se logra disponiendo de un campo lógico por cada módulo presente en el metadato, este campo sirviera como referencia para saber si el módulo fue creado o fue heredado de alguno de los metadatos ancestros.

Con esta modificación al diseño inicial, es decir un campo lógico por cada identificador de módulo presente en el metadato, se puede heredar para lograr una especialización de los herederos. Si un padre quiere modificar uno de sus módulos, como el campo lógico que le corresponde a este módulo indica que no es heredado, los cambios se harán en el propio módulo y serán válidos para todos los herederos, ya que el identificador continúa invariante y cuando el módulo sea accedido a través de él se verán los cambios.

Si un heredero quiere modificar un módulo heredado el campo lógico correspondiente a este indicará que es heredado y sencillamente estará modificándose una copia del módulo del padre y es a esa copia a la que se le hacen las modificaciones, luego se actualiza el campo lógico indicando que es un módulo no heredado. A partir de ese momento será el módulo que heredarán los hijos del metadato que hizo la redefinición en lugar del módulo original.

Cuando un hijo quiera ampliar su definición los nuevos módulos se agregaran a la definición y tendrán el campo lógico indicando que no es heredado. De esta manera este módulo podrá ser adquirido por todos los herederos.

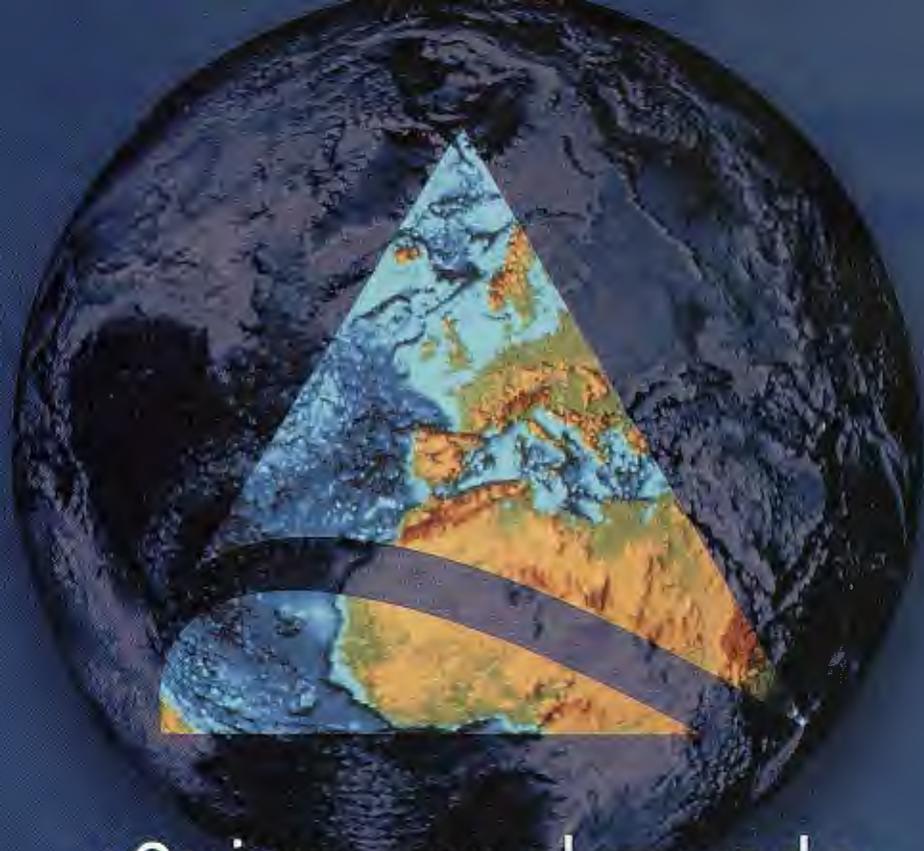
Generalización de la herencia modelada a la relación inter-Modular en Metadatos de Información Geográfica.

Las relaciones de herencia entre metadatos son un caso particular entre las relaciones inter-modulares que propone la norma OGC. Cuando se explicó los tipos de relaciones existentes en el modelo propuesto y los tipos de datos, veíamos las relaciones de inclusión cuando los datos eran compuestos. A este tipo de relación se le daba un tratamiento especial: No se almacenaba el dato sino un identificador que lo referenciará.

1. Módulos Propios.

Cualquier módulo debiera tener posibilidad de modificar los módulos que el contiene. Como es lógico es posible que las circunstancias que originaron la necesidad de almacenar el dato hayan cambiado y sea necesario cambiar algunas de las informaciones ya almacenadas anteriormente. Aquí nos encontramos con un problema de gran similitud que el que se presentó cuando se analizaban las relaciones de herencia que se presentan potencialmente entre metadatos.

El problema que surge a raíz de la modificación de un módulo consiste en: que no sería adecuado que un módulo que no fue el creador del módulo contenido cambie su información. Esto pudiera traer consigo inconsistencias lógicas puesto que el módulo contenido fue creado con un fin específico y al ser cambiado por otro módulo que no es el creador está sujeto a que se le introduzcan cambios que



¿Quiere ver el mundo con otra perspectiva?

La información espacial, constituye la llave hacia la ordenación, la gestión y la planificación, de un territorio en constante cambio.

Stereocarto desde una nueva perspectiva pone a su alcance dicha información:

Con la más innovadora tecnología y los medios técnicos más avanzados.

Bajo la experiencia de un equipo humano multidisciplinar.

Con una amplia experiencia en proyectos fotogramétricos, cartográficos, GIS y catastro.

Con un programa de I+D+i propio anual.

Con una amplia cartera de clientes, tanto nacional como internacional.

Por nuestra solución completa de productos dentro de la ingeniería cartográfica.

Avalados por la calidad de nuestros trabajos, certificados con los sellos de calidad y medio ambiente.



STEREOCARTO

Paseo de la Habana, 200 • 28036 Madrid Spain • Tel: + 34 91 343 19 40 • Fax: + 34 91 343 19 41

HIFSA
Sensores Aéreos

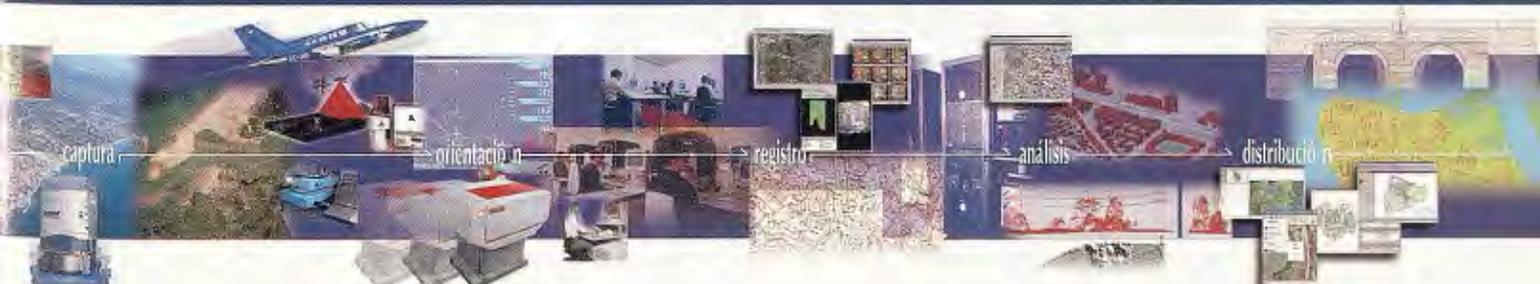
www.hifsa.com hifsa@hifsa.com

www.stereocarto.com

info@stereocarto.com

stereodata

www.stereodata.com info@stereodata.com



IMÁGENES DIGITALES: SATÉLITE, CÁMARAS DIGITALES Y ANALÓGICAS, SENSORES TÉRMICOS. **TOPOGRAFÍA:** GPS, REDES, NIVELACIÓN, APOYO DE CAMPO. **FOTOGRAMETRÍA:** ESCANER, AEROTRIANGULACIÓN, RESTITUCIÓN, MDT, ORTOFOTOGRAFÍA, EDICIÓN. **SISTEMA LIDAR:** MDT Y MDS. **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, SERVIDORES DE MAPAS. CATASTRO, AGRONOMÍA, DESARROLLO RURAL MEDIO AMBIENTE. FORMACIÓN, CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE APLICACIONES.**

España • Argentina • Perú • Italia • Estados Unidos • Brasil • Panamá

den al traste con la completitud y congruencia de la idea seguida en su creación.

Un módulo contenedor de otro, relacionado con este mediante la relación de pertenencia, pero distinto a su creador debiera poder cambiar toda la información que él contiene. Esto es contradictorio a lo planteado anteriormente. Entonces hay que hallar una solución para permitir las dos cosas. Es decir que cualquier módulo pueda cambiar los que él contiene y que nunca se cambie la definición de un módulo por parte de otro módulo que no sea el creador.

2. Solución a la modificación no deseada y el potencial derecho a modificar

De cierta forma plantearemos una metodología para asociar cada módulo a otro mediante la relación de propiedad. Es decir un módulo siempre está vinculado con otro módulo que es su propietario, excepto el módulo que recoge los datos fundamentales del metadato (MD_Metadatos) que no tiene propietario pues el no es referenciado desde otro módulo por relaciones de inclusión. Solamente a los metadatos los pueden referenciar otros metadatos y sería mediante la relación de paternidad.

Mediante la formalización de este tipo de relación se puede establecer que solamente sean modificados los módulos por su módulo propietario. Es decir los módulos no propietarios de módulos contenidos por ellos no podrán modificarlos. Estos módulos no propietarios como también deberían tener el derecho de cambiar la información contenida en ellos también tienen que poder modificar la información de los módulos que ellos incluyen. Para esto se realizará el mismo procedimiento que se empleó en la herencia cuando un metadato heredero quería cambiar los módulos heredados.

Cuando un módulo quiera cambiar la definición de un módulo incluido en él del cual el primero no es propietario, se realizará una copia del módulo que se quiere modificar y esta es la que tendrá los cambios realizados. Aplicando este método no se afecta la definición hecha por el propietario del módulo cambiado y cualquier módulo tiene la posibilidad de cambiar los que él contiene.

Vale señalar que cuando un módulo propietario hace un cambio en la definición del módulo correspondiente estos cambios serán visibles para todos los módulos que lo contienen y que no son propietarios de él. En caso que para estos módulos no sea factible el cambio, estos tendrán que hacer una redefinición, creándose así uno nuevo.

Esta generalización del modelo de herencia aplicado para las relaciones entre módulos principales de los metadatos a todos los módulos en general le confiere un grado de dificultad al modelo que será un problema a solucionar en su implementación.

3. Módulos propietarios de módulos

En el caso de los módulos que contienen otros módulos se aplica el procedimiento anterior recursivamente hasta que se encuentre un módulo que es propio del módulo que lo contiene o hasta el nivel de metadato. Al nivel de metadato no se le aplica el procedimiento descrito recursivamente ya que un metadato es la entidad fundamental, la que le da sentido a todo el modelo. En una continuación del proyecto con la existencia de un vía de administración del sistema ya podrán algunos módulos ser independiente de la existencia de un metadato.

Entre los módulos se da la relación de propiedad y la no independencia en la existencia de no existir un módulo propietario, lo que implica que de no existir el módulo propietario no tiene sentido la existencia de los módulos poseídos mientras no sean propiedad de otros módulos a la vez; por esta razón si se borra el módulo propietario se borrarán todos los módulos poseídos que no tengan relación de propiedad con otros módulos.

Implementación Computacional de un sistema de gestión de Metadatos según el modelo diseñado.

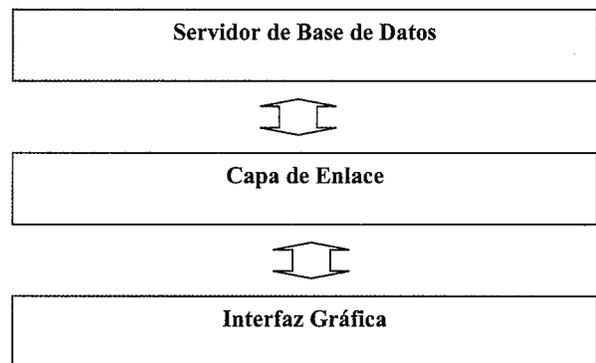
«La implementación de determinado modelo de datos es una realización física, en una máquina real, de los componentes de la máquina abstracta que en conjunto constituyen ese modelo.» [DAT] C. J. Date.

Este modelo de metadato de información geográfica fue concebido teniendo en cuenta su implementación computacional. En particular la herencia entre metadatos ha sido modelada tomando como referencia la Programación Orientada a Objetos.

La aplicación que se propone como implementación del modelo planteado, es un clásico sistema cliente-servidor. La aplicación se nombra «OGC Metadata Manager».

Flujo de Información

El flujo de la Información en el sistema descrito está representado en el siguiente diagrama:



El sistema es una variante de la arquitectura Cliente-Servidor. El servidor de Base de Datos es la capa física que se comunicará exclusivamente con la Capa de Enlace. Esta es la encargada de servir de intermediario entre la Interfaz Gráfica y el Servidor de Base de Datos. Las reglas del negocio se compartirán entre la Capa de Enlace y la Capa del Servidor de Base de Datos.

Servidor de Datos.

El servidor de Datos es la capa de la aplicación que tiene la responsabilidad de hacer persistentes los datos en el tiempo. Para eso se utilizó el Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) SQL Server. Todo el peso de la selección de los datos según los pedidos que haga la Capa de Enlace cae sobre el motor de dicho SGBD.

En esta capa se llevan a cabo los cálculos y procesos fundamentales que son base del modelo planteado. El resto de las capas serán de forma general interfaces o canales de intercambio de información. La selección y toma de decisiones se llevará a cabo en el Servidor de Base de Datos. El intercambio de información entre la Capa de Enlace y el Servidor de Base de Datos es mediante procedimientos almacenados previamente programados.

GPS TIEMPO REAL CENTIMETRICO

IBEREF MADRID
Red de estaciones de referencia

- *Duplique su productividad*
- *Convierta sus Referencias en móviles*
- *Trabaje a más distancia con más precisión*
- *Olvídese de vigilar sus Referencias*

en Madrid y Toledo



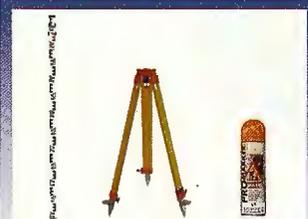
ESTACION TOTAL

SmartStation
Serie 1200
Serie 800 - 700 - 400



NIVEL

NA2/NAK2
DNA10/03
RUGBY 100/200
RUGBY 300/400



ACCESORIOS Y SERVICIOS

Disto
Software
Material de marcado
Servicio Técnico

ACRE

Alquiler y Venta

902 490 839 / 617 326 454
informacion@acre-sl.com
www.acre-sl.com
www.laserescaner.com

Autovia A-42.
Km 35-36. Salida Yeles
Nave 13
Illescas - Toledo

Capa de Enlace.

La Capa de Enlace es la encargada de servir de puente entre la Interfaz Visual con la que intercambia el cliente directamente y el Servidor de Base de Datos donde se encuentran almacenados los metadatos. La importancia principal de esta capa es la de unificar el acceso al motor de base de datos y con ello lograr una mayor seguridad del uso y manejo de los datos.

Esta capa es suficientemente general, ya que ella es la encargada de intercambiar información con la parte de la aplicación que está en contacto directo con el usuario final. Esta es la capa con más volumen de programación, debido a su doble función comunicativa, con el Servidor de BD y la Interfaz Gráfica. La afirmación anterior considera solamente el trabajo del programador, también hay que considerar que el motor del SGBD brinda muchas funcionalidades que sería muy difícil sustituir y que en ambientes gráficos los entornos actuales ayudan en gran medida generando código.

Esta capa a su vez está subdividida en dos capas principalmente Capa de Enlace con la Base de Datos y Capa de Enlace con la Interfaz Visual. Estas subcapas se comunican entre sí y están vinculadas a la Base de Datos y la Interfaz Visual respectivamente.

La subcapa de Enlace con la BD se implementa a través de un Web Service, el cual es el elemento clave en la recuperación e inserción de datos. Este provee una serie de métodos a través de los cuales se puede lograr el intercambio real de datos.

Este Web Service se basa en la tecnología ADO.NET (ActiveX Data Objects provisto en el .NET Framework) para lograr la conexión e intercambio con la BD. Para ello cuenta con un objeto SqlConnection dotado de un nombre de usuario y contraseña para la conexión.

En la subcapa de Enlace con la Interfaz Gráfica para cada módulo implementado se dispondrá de un control. Cada uno de estos agrupa todos los controles necesarios para la captura y exhibición de los elementos que conforman al módulo. Estos controles serán capaces de salvar la información, cargarla e iniciarla en un estado válido y consistente de acuerdo a las restricciones del módulo.

La implementación de módulos en controles separados le da autonomía a la implementación y potencia en gran medida la reutilización. Ya que es posible utilizar dichos controles en otras aplicaciones que necesiten mostrar estos módulos por separado. De esta forma se deja clara la modularización de la información.

La Capa de Enlace es la que mayor importancia tiene en términos de ampliación y reutilización. Esta capa existe precisamente para modularizar el acceso a la información almacenada así como su procesamiento de forma que ambas funcionalidades sean ajenas de la Interfaz Gráfica con la que se estén visualizando.

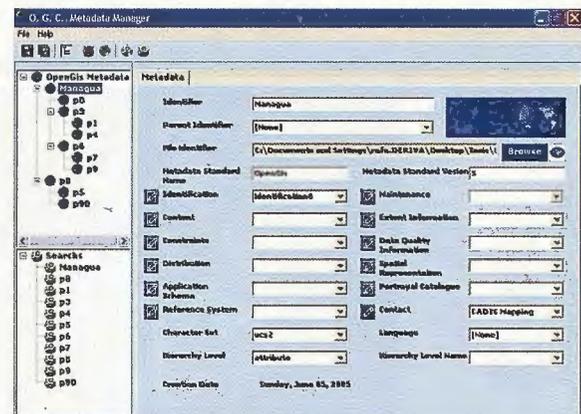
Cada subcapa de la Capa de Enlace para proveer una interfaz de intercambio del sistema con otras aplicaciones:

- La subcapa de Enlace con la BD está constituida por un Web Service por lo que su utilización desde cualquier entorno de desarrollo y cualquier aplicación que permita el establecimiento de conexiones vía Web es posible. Todas las funcionalidades de acceso, inserción y pro-

cesamiento de datos forman parte de las funciones que ofrece esta subcapa, así que también estarán disponibles para otras aplicaciones que sean clientes de esta.

- La subcapa de Enlace con la Interfaz Gráfica está formada principalmente por un conjunto de Controles. Cada uno de estos controles representa la información de un módulo por lo que su utilización por otras aplicaciones es posible. Las funcionalidades concernientes a la carga y salvado son englobadas por el control. Lo que facilita el intercambio entre sistemas.

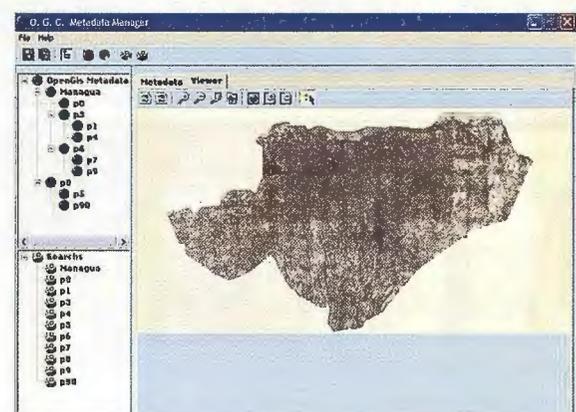
El sistema descrito permite actualmente la gestión de metadatos teniendo en cuenta los elementos establecidos como obligatorios por la norma OGC. En la siguiente figura se observa la interfaz del sistema y el módulo principal del Metadato OGC.



Visor Cartográfico

El visor de Cartografía, que se muestra al seleccionar el Tab «Viewer», como se observa en la figura, brinda la funcionalidad básica de visualización de información cartográfica asociada a los metadatos.

Este visor ha sido desarrollado utilizando las herramientas ofrecidas por la tecnología OLatino de Cadis S.A.



Conclusiones

Dada la gran importancia de la documentación de los datos geoespaciales, en estos momentos se hace vital el uso y gestión de metadatos, para lo cual es conveniente la creación de modelos conceptuales de metadatos de Información Geográfica, que implementen algún estándar internacional. Nuestro modelo implementa la norma de Metadatos OGC [OPE], presentada por Open Geospatial Consortium, que está basada en la norma ISO 19115 [ISO].

Este estándar es ampliamente aceptado y general, ya que se utilizaron para su creación experiencias anteriores y criterios de muchas organizaciones y profesionales del ramo. Así como también se observa la necesidad de la creación de sistemas computacionales que sean capaces de gestionar y hacer análisis de metadatos.

La metodología de intercambio con el sistema de almacenamiento que cumple con el diseño Entidad-Relacionalidad propuesto, está dirigida a lograr una gestión sólida de la información, teniendo en cuenta las características propias que imponen las Ciencias de la Tierra para esta esfera de la información geográfica. Este proceso se basó en ideas obtenidas de tecnologías y mecanismos de la Orientación a Objetos.

Presentamos además la implementación del modelo planteado, realizada sobre Microsoft SQL Server, aunque portable a cualquier otro SGBD u otro proveedor de datos sin mayores dificultades. Esta herramienta es la encargada de la actualización y visualización de la información.

Referencias

- [CAD] CADIC S.A. «Latino Objects Manual» 2005
 [DAT] Date, C. J. «Introducción a los Sistemas de Bases de Datos». 1999
 [ISO] ISO/TC 211. «Internacional Standard ISO/FDIS 19115».2003
 [OPE] OpenGIS Consortium. «The OpenGIS(tm) Abstract Specification, Topic 11: OpenGIS(tm) Metadata (ISO/TC 211 DIS 19115).Version 5». 2001
 [V1] <http://www.opengispatial.org>
 [V2] <http://www.iso.org>

Otros materiales consultados

- Arthur T, Whitechapel A. «Inside C#» Microsoft Press 2001, McGraw-Hill. 2001
 Bañares, J.A. & Bernabé, M.A. & Gould & M., Muro-Medrano & P.R., Zarazaga & F.J. (Universidad de Zaragoza & Universidad Politécnica de Madrid) «Aspectos tecnológicos de la creación de una Infraestructura Nacional Española de Información Geográfica»
 Bernabé, M.A. & Domingo, A.M. & Fábrega, J.M. (EUIT Topográfica. Universidad Politécnica de Madrid) «Metadatos para un vuelo fotogramétrico». 2001
 Carmona, Alvaro de J.»Sistemas de Información Geográficos»
 Danko, David (ISO/TC211 Geographic information/Geomatics). «ISO 19115.Geographic Information - Metadata»
 Delgado Fernández, Tatiana (Servicio Hidrográfico y Geodésico de la República de Cuba). «Iniciativa cubana para la creación de una Infraestructura Nacional de Datos Espaciales: Marco institucional, Estudio de Factibilidad y Servicio de Catálogos.»
 Echeverría Martínez, Manuel (Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Ministerio de Medio Ambiente (España)) «Las Infraestructuras de Datos Espaciales. Experiencias en su implantación». 2001
 Evans, John D.,(NASA Digital Earth Office). «The new Digital Earth Reference Model» Version 0.5. 2001
 Estándar ISO/TC 211 DIS 19115 - Metadatos
 Fallas, Jorge (Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (TeleSig)). «Metadatos Geoespaciales: ¿Qué son y para qué sirven?» 1997
 Felicísimo, Ángel M. «Glosario de términos usados en el trabajo con sistemas de Información Geográfica». 2001
 Franco, Rodolfo. «Metadatos e Infraestructura de Datos Espaciales». 2005
 Hyman, Glenn & Lance, Kate (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia) «Encuesta sobre Infraestructuras de Datos Espaciales en las Américas». 2000
 Lara González, Freddy Alexis.»Visualizador de Datos Geográficos sobre Internet». 2004
 Manso Callejo, Miguel Ángel (E.U.I.T.Topográfica). «Metadatos en los sistemas de información geográfica. (ISO-19115)». 2002-03.
<http://dityc.euitto.upm.es/~m.manso/docs/trabajo-metadatos.pdf>
 Molina Aguilar, Andrés & Higuera, Feito & Ruis de Miras, Juan (Escuela Politécnica Superior. Universidad de Jaén. Dpto. de Informática) «El diseño de Bases de Datos Espaciales». 1997
 Montes de Oca Richardson, Marta. «Teoría del diseño. Definiciones y algoritmos» Conferencias 6 y 7 del curso de Sistema de Gestión de Bases de Datos I (Universidad de la Habana) 2004-2005
 Nebert, Douglas (GSDI/FGDC). «Las Normas para la Información y los Servicios Geográficos. Estado de los estándares relacionados»
 Ostensen, Olaf (ISO/TC 211)»The expanding agenda of Geographic information standards».2001
 Perfil IDEC (Infraestructura de Datos Espaciales de Cataluña)
 Recetario para Infraestructuras de Datos Espaciales (Traducción del Cookbook SDI v.2)
 Rodríguez, Antonio F. (Secretaría de AEN/CTN148). «Normalización en el campo de la Información Geográfica»
 Senso, José A. & De la Rosa Piñero, Antonio. «El concepto de metadato. Algo más que descripción de recursos electrónicos»
 Secretaría Ejecutiva de la IDERC (Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba) «Estado actual y perspectivas de la IDERC». 2005
 Van Oosterom, Peter (Department of Geodesy, TU Delft, The Netherlands). «Tecnología OpenGIS para la Interoperabilidad de la Geo-Información.». 2004
<http://enciclopedia.us.es/index.php/Metadato>

MSDN (<http://msdn.microsoft.com>)

Solución Global para GPS y Estación Total

Totalmente enlazados con todos los Programas de PC de uso habitual en España (Ispol, Cartomap, Clip, TOP-IP, etc).

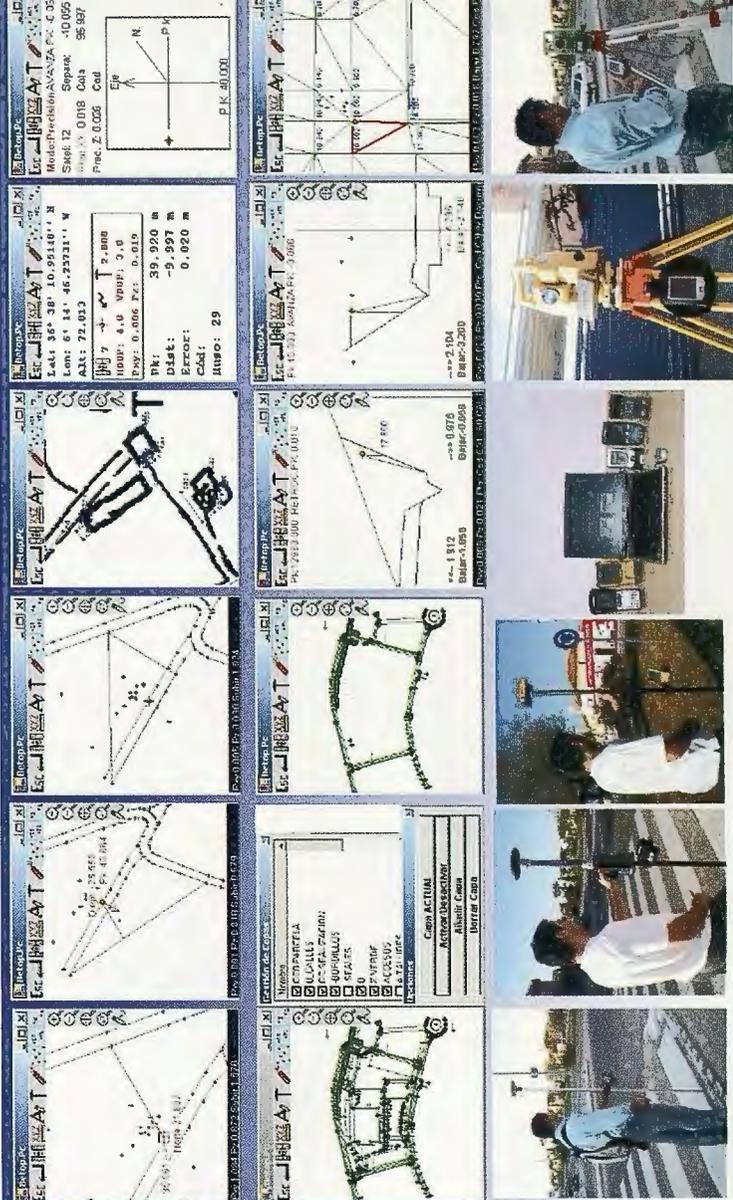
- Compatible con todas las Estaciones Totales y GPS del mercado (Topcon, Leica, Ashtech, Thales, Sokkia, etc).
- Capaz de Trabajar en cualquier PDA con Windows Ce 3.0 ó Superior, Pocket Pc 2000 ó Superior, y Epos-16/32.
- Actualizaciones y Mejoras continuas y Gratuitas.

- Mas de Mil licencias nos avalan.

- Distribuido por: Topcon, Inland, Grafinta, Orsenor, La Técnica, AI-Top, Servitopo, Prisma, Narváez, Aticsa, Sutop, Leica, ...

www.betop.es

Av. Almargin, 64B Bormujos (Sevilla) CP-41930 Tlf/Fax: 954789329 Móviles: 629331791 / 649414184



SISTEMAS AVANZADOS DE TOPOGR



trimble tools



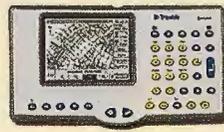
5800 RTK
ROVER



ESTACIÓN TOTAL
GPS 5700



ESTACIÓN
DE REFERENCIA NETRS



CONTROLADOR
ACU



TERMINAL
RECON



GEDEXPLORER
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.santiagocintra.es

Delegaciones:

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

FÍA Y CARTOGRAFÍA

 Trimble



NIVEL DIGITAL
DINI



ESTACIÓN TOTAL
SERVO 5503



ESTACIÓN TOTAL
ROBOTIZADA 5600 DR



LASER ESCANER
MENS1 3D



ESCANER LASER 3D
CALLIDUS

 Trimble



DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN ARQUITECTURA Y EN LA INGENIERÍA.
 ÁREA DE INGENIERÍA CARTOGRAFICA, GEODÉSICA Y FOTOGRAMÉTICA
 (1ª PARTE)

Resumen:

El recorrido histórico de la geometría, entendida en su significado más genuino, comienza en Egipto, pues según Herodoto allí se inventó esa rama de las Ciencias. Sin embargo el estudio sistemático de la misma empezó a realizarse en la Gracia Clásica, allí fue donde se preguntaron cual sería la forma y las dimensiones de la Tierra. Habiendo llegado pronto a la conclusión de que debía ser esférica, se plantearon de inmediato la determinación de su perímetro máximo, aunque Eratóstenes sea reconocido como el fundador de la geodesia por su conocida medida es necesario tener presente que tanto antes como después de él se hicieron determinaciones semejantes. En la Edad Media se produce un serio retroceso en el conocimiento geométrico, con la salvedad de algunos geodestas musulmanes tales como al Biruni, que calculó el radio de la Tierra por un método realmente novedoso. Llegado el Renacimiento empieza a medirse la Tierra siguiendo la metodología establecida por los griegos, aunque deba resaltarse la novedad introducida por Snell al calcular el desarrollo del meridiano de Alkmaar haciendo uso de la triangulación, un procedimiento que sería crucial para todas las operaciones geodésicas posteriores. La creación de la Academia de Ciencias de París y el encargo que se realizó al abad Picard propició la determinación más rigurosa del radio terrestre que se había efectuado hasta entonces. Newton aprovechó tal medida para comprobar la validez de su ley, aunque acto seguido propusiera un modelo terrestre ligeramente diferente al esférico: el elipsoide de revolución con aplastamiento polar. Constatada la variabilidad de la curvatura terrestre por Cassini y cuestionado, por él mismo, el modelo newtoniano se produce una de las controversias científicas más sonada de la historia. Es de sobra conocido que todo quedó suficientemente aclarado con las dos expediciones auspiciadas por la Academia francesa: una al virreinato de Perú (propuesta por Godin) y otra a Laponia (propuesta por Maupertuis); con los resultados de las mismas se entra de lleno en la era elipsoidal hasta que nuevamente se duda de que sea esa la figura real de la Tierra. El defensor del nuevo modelo, más físico que geométrico, fue el genial Gauss, aunque el nombre de geode se deba a Listing, uno de sus más preclaros discípulos. Esa superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre, que coincide sensiblemente con el nivel de los mares en reposo, es la forma real de la Tierra que se acepta en la actualidad. Los principales parámetros de esa nueva superficie se conocen con gran exactitud gracias al desarrollo imparabable de la geodesia espacial desde que fuera lanzado el primer satélite artificial por la desaparecida Unión Soviética. En el trabajo que aquí se presenta se desarrollan las etapas más significativas de tan gran recorrido, indicando los resultados de las mediciones efectuadas por sus más señalados protagonistas.

Aunque la geodesia griega suela encabezar los recuentos históricos de las mediciones terrestres, es obligado subrayar la posibilidad real de que muchos años antes tuvieran lugar operaciones análogas en el antiguo Egipto; de hecho Herodoto afirmaba, en el siglo V antes de Jesucristo, que fue allí en donde se había inventado la geometría. Cuatro siglos después otros dos historiadores, Diodorus Siculus y Estrabón, fueron bastante más concretos al indicar que la apotema de la gran pirámide de Khufú media un estadio de 600 pies griegos y que tal magnitud estaba exactamente ligada al tamaño de la Tierra; el primero de ellos lo hizo en su célebre «Biblioteca histórica» y el segundo en su afamada Geografía. La relación del estadio con la geodesia también fue igualmente comentada por otros clásicos, que lo consideraban equivalente a una seiscientaava

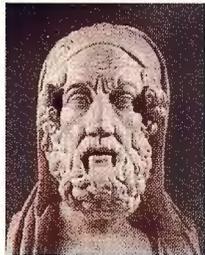
parte del grado terrestre. Otra de las creencias de aquella época histórica era la de que el perímetro de la base piramidal coincidía con la mitad del desarrollo del minuto de meridiano.



Las obras de Diodorus y de Estrabón.

Esas posibles coincidencias fueron comprobadas veinte siglos más adelante por E. F. Jomard, un Ingeniero Geógrafo de la expedición científica que acompañó al ejército de Napoleón cuando invadió Egipto. En el transcurso de la misma se constató asimismo la correcta orientación de las cuatro caras de la gran pirámide, hacia los cuatro puntos cardinales; el encargado de la observación fue un miembro del Instituto de Egipto recientemente creado por Napoleón, el astrónomo N. A. Nouet, quien dedujo unas desviaciones del orden de los 20'. Las claves geodésicas de tan grandioso monumento fueron analizadas posteriormente por el Ch. P. Smyth, el cual defendía, en el último tercio del siglo XIX, que en su construcción se reflejaba el aplastamiento terrestre. Ese astrónomo escocés corrigió los valores de Nouet, fijando la desorientación en un valor próximo a los cuatro minutos sexagesimales. La medición de esa pirámide también fue realizada por los ingenieros ingleses del "Ordnance Survey" y por los norteamericanos del "Coast Survey", afirmando el responsable de este último centro que ningún monumento construido por el hombre tenía una situación física más privilegiada.

Homero (siglo IX a.C.) hizo en su Iliada una de las primeras descripciones sinópticas del mundo habitado, al concebirlo como una inmensa isla rodeada de agua. Asimismo se mencionan en su obra los cuatro puntos cardinales asociados a los vientos Bóreas (Norte), Euro (Sur), Noto (Este) y Céfiro (Oeste).



Homero y su concepción del mundo.



Hacia el año 600 a.C. Tales de Mileto (640 - 546 a. C.) afirmó que la Luna era iluminada por el Sol, enunciando además su idea del Universo como la imagen de una burbuja semiesférica sumergida en una infinita masa de agua. La forma que atribuía a la Tierra era esférica según unos y la de un disco flotando en el agua, según otros. Durante su estancia en Egipto midió la altura de la pirámide de Khufu, apoyándose en la semejanza de los triángulos formados por las sombras de la misma y la de un jalón vertical situado al pie de aquella.



Tales de Mileto, el más destacado de los siete sabios de Grecia.

Pocos años después empezó a ser incuestionable la forma esférica de la Tierra, gracias a los argumentos de Pitágoras (580 - 500 a.C.), que la consideraba también aislada en el espacio. Parménides fue otro defensor de la esfericidad de la Tierra, atribuyéndole Teofrasto el mérito de haber sido el primero en hacerlo en torno al año 470 a.C. A partir de tales nociones fue elaborándose en la escuela pita-górica un verdadero sistema astronómico dado a conocer no solo por Teofrasto sino también por Aristóteles.



Pitágoras y Parménides.

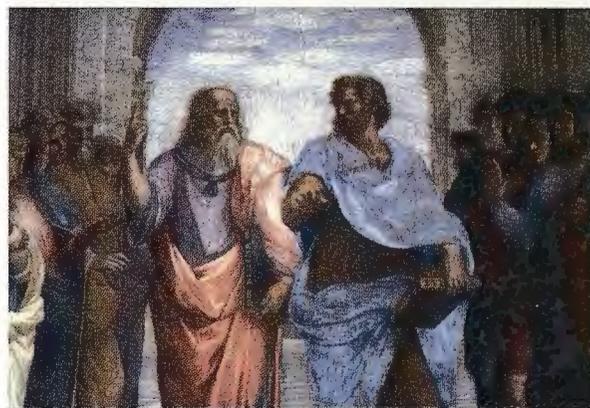


A principios del siglo IV Atenas se convirtió en el centro intelectual más importante del mundo griego, llegando a explicarse el movimiento diurno por la rotación de la Tierra sobre su eje, así lo hizo Heráclites (388-312 a. C.) que defendió también la traslación de Mercurio y Venus en torno al Sol; en cambio supuso que tanto él como los otros planetas lo hacían alrededor de la Tierra, por ser esta el centro del universo. Sin embargo el geocentrismo acabó imponiéndose hasta que fuera desbancado por la obra revolucionaria de Copérnico, veinte siglos después. La causa fundamental fue que Platón y más tarde su discípulo Aristóteles lo convirtieron en dogma, dándole Eudoxo su primera expresión técnica.

Heráclides en la Escuela de Atenas, pintada por Rafael.



En toda la obra de Platón (429-348 a. C.) se mantiene la esfericidad de todos los cuerpos celestes incluida la Tierra que ocupaba una posición central, orbitando todos los astros a distancias variables y siendo el cielo más lejano el de las estrellas fijas; no obstante su pensamiento astronómico lo fue revisando sucesivamente en sus diferentes obras hasta llegar al "Epíno-mis". Allí se afirmaba textualmente que los astros son de "inmenso tamaño" y que el Sol, en particular, es mucho mayor que la Tierra, también considerada muy grande. El interés despertado en Platón por estas ciencias y la importancia que concedió a las matemáticas pueden explicar la leyenda que le atribuye el deseo de grabar en el frontón de la Academia la famosa inscripción "nadie entre aquí que no sea geómetra".



Platón y Aristóteles en la Escuela de Atenas, pintada por Rafael en las estancias vaticanas.

Aristóteles (384-322 a. C.) se mantuvo en la Academia hasta la muerte de su maestro, llegando después a ser tutor de Alejandro magno. De todos los tratados aristotélicos, los cuatro libros De Coelo y los otros cuatro de Metodología son los que recogen sus teorías astronómicas y geofísicas con toda la fenomenología del mundo sublunar: aire, agua y tierra. De la profundidad y rigurosidad en sus razona-

mientos puede ser muestra la refutación de una afirmación que negaba la esfericidad de la Tierra, a los que aseguraban que si la Tierra fuese esférica la línea que oculta parcialmente el Sol en su orto u ocaso debiera ser circular y no aparecer como recta, les contestaba en el segundo libro De Coelo diciendo que había que tener en cuenta la distancia entre la Tierra y el Sol así como las dimensiones de la circunferencia terrestre; ya que un arco de la primera proyectado sobre círculos que aparecen pequeños dan la sensación de ser líneas rectas debido a las inmensas distancias que intervienen en la observación. Aristóteles no dudó por tanto de la esfericidad de la Tierra que ya consideraba como algo natural y que probó con observaciones que aún pueden repetirse. En cuanto a las dimensiones de la circunferencia terrestre, aseguraba que media 40000 estadios; ateniéndose, al parecer, a un cálculo hecho en su tiempo con la participación del matemático Eudoxo. Eudoxo (408-355 a.C.) fue pionero de la geografía matemática, ya que con él se inició el progreso en la representación del cielo y de la Tierra; cuyas dimensiones intentó calcular observando la culminación de la estrella Alpha Carinae sobre el meridiano común a Heliópolis y a Rodas, dos de las ciudades en las que trabajó. Su aportación más sobresaliente desde el punto de vista cartográfico es que fue el primero en situar las estrellas sobre un globo celeste, en el que probablemente se apoyaría el autor del Atlas de Farnese.



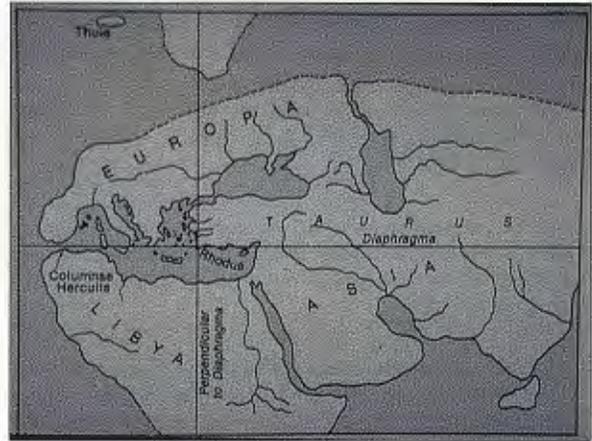
El atlas de la familia Farnese. El globo tiene un diámetro de 64 cm y aparecen sobre él un total de 43 constelaciones.

De entre todos los sabios peripatéticos sobresale Dicearco de Mesina (350-290 a.C.) considerado como uno de los más importantes geógrafos griegos. En su obra describe el ecumene y lo dimensiona: 60000 estadios de Oeste a Oeste y 40000 estadios de Norte a Sur. En la representación cartográfica que se le atribuye trazó como principal línea directriz (el diafragma) una que discurría de Oeste a Este siguiendo el Mediterráneo, de modo que la superficie terrestre quedaba dividida en dos mitades, una septentrional y otra meridional. La segunda línea directriz era una perpendicular a la anterior trazada en Rodas, la cual coincidía sensiblemente con el meridiano Siena-Lysimachia.

Fue precisamente el arco comprendido entre ambas ciudades el que probablemente midió para extrapolar el resultado y obtener para el desarrollo de la circunferencia máxima terrestre un total de 300000 estadios. Para ello observó que en el cenit de Lysimachia estaba la cabeza de la constelación del Dragón mientras que el cenit de Siena se correspondía con la de Cáncer. Como el arco determinado por las dos constelaciones lo cifró en 1/15 de la circunferencia celeste, las verticales de las dos ciudades abarcarían sobre la superficie terrestre un arco de idéntica ampli-

tud. Dado que la distancia entre ambas ciudades se estimaba en unos 20000 estadios, resultaba para la totalidad de la circunferencia una longitud de 300000 estadios. Dicearco hizo también una descripción general de la Tierra y realizó un estudio sobre la altura de los montes del Peloponeso y Grecia que resulta muy significativo dado el escaso interés mostrado por los antiguos en el conocimiento del relieve terrestre.

tud. Dado que la distancia entre ambas ciudades se estimaba en unos 20000 estadios, resultaba para la totalidad de la circunferencia una longitud de 300000 estadios. Dicearco hizo también una descripción general de la Tierra y realizó un estudio sobre la altura de los montes del Peloponeso y Grecia que resulta muy significativo dado el escaso interés mostrado por los antiguos en el conocimiento del relieve terrestre.



Mapamundi de Dicearco con el diafragma central.

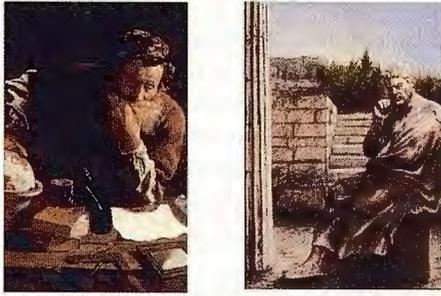
Convertida Alejandría en la capital del reino, Tolomeo I llamó allí a los más importantes sabios de su tiempo para hacer posible su Museo-Biblioteca, convirtiéndose así en la fuente de conocimiento más fecunda de toda la antigüedad. Desgraciadamente su destrucción impidió que llegase a nosotros una ingente cantidad de información de indudable interés para la historia del conocimiento y de la ciencia, al parecer se conservaron únicamente ciertos documentos que posteriormente fueron transmitidos por los árabes, al hacerse cargo de la Biblioteca, ya reconstruida, en el año 641 d.C. El ejemplo de Alejandría fue seguido por otras ciudades, así Arquímedes tras estudiar en Alejandría se estableció en Siracusa, Apolonio hizo lo propio pero en Pergamo al igual que el geógrafo Crates, Hiparco por su parte se afincó en Rodas, seguido después por Posidonio.



Reconstrucción de la sala principal de la Biblioteca de Alejandría

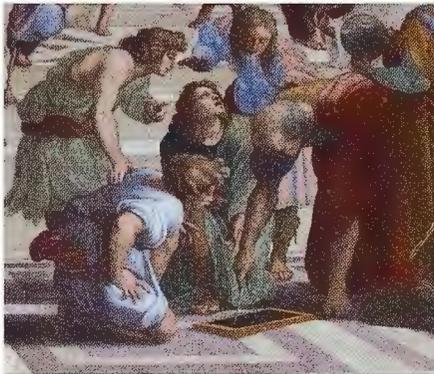
Uno de sus más ilustres representantes fue el astrónomo Aristarco de Samos (310-230 a. C.), el cual defendió la existencia de un universo heliocéntrico al igual que haría Copérnico tantos años después. Fue él quien determinó por primera vez, mediante cálculos trigonométricos las relaciones entre las magnitudes y distancias de los tres astros: Sol, Tierra y Luna, tomando como unidad el diámetro terrestre y realizando la observación en el instante de su cuadratura; según Arquímedes, Aristarco fijó el diámetro

aparente del Sol en 30'. Sin embargo, todos los demás astrónomos rechazaron su teoría por considerarla subversiva, llegando Cleanto de Assos a aconsejar su procesamiento por impiedad.



El gran Aristarco de Samos y Cleanto de Assos.

Euclides fue contemporáneo suyo y precursor de Arquímedes, puesto que con él comienza el verdadero desarrollo de las matemáticas en Alejandría. Su magnífica obra se condensa en los 13 libros que forman sus famosos Elementos, referencia obligada en la enseñanza hasta el siglo pasado. Su aportación geodésica es muy importante puesto que identificó la estrella polar entre las constelaciones de las osas, como aquella que no cambia de lugar durante el movimiento diurno, cuyas leyes enuncia en el prefacio de sus Phaenomena.

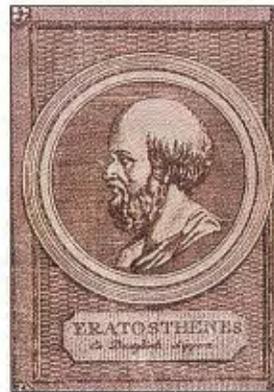


Euclides en la Escuela de Atenas, pintada por Rafael, y una página de sus Phaenomena.

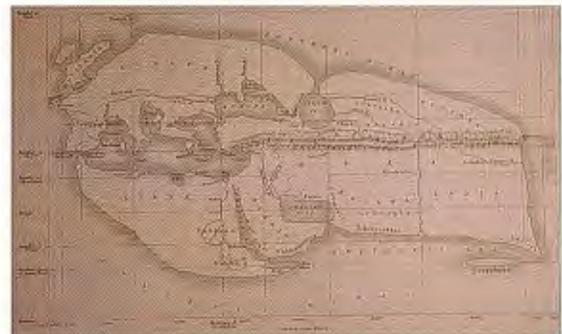
Eratóstenes de Cirene (276 -195 a. C.) fue un sabio tan polifacético que era apodado el beta, por ser el mejor en cualquier disciplina tras el más consumado especialista. Su determinación del radio de la Tierra, dada a conocer por Cleómedes, supuso un progreso notable con relación a

los intentos llevados a cabo con anterioridad. Es de sobra conocido que dedujo para la circunferencia de la Tierra un total de 250000 estadios, aunque al parecer diera la cifra de 252000 a fin de que fuese divisible por 360, correspondiendo así a cada grado 700 estadios. El director de la biblioteca de Alejandría también dimensionó el ecumene, para lograr después su representación plana.

Finalmente asignó al mundo habitado una longitud de 78000 estadios y una latitud de 38000 estadios, considerándolo además como una isla dado que el fenómeno de la bajamar y pleamar de las costas mostraba sorprendente igualdad, lo cual solo podía explicarse suponiendo que el ecumene estaba rodeado por el mismo océano. En aquel tiempo se suponía que el fondo marino presentaba un relieve similar al continental con sus valles y montañas, creyéndose que tenía una profundidad comprendida entre 10 y 50 estadios. En el dibujo de su mapamundi incluyó como novedad una retícula que se asemejaba a la actual formada por los meridianos y paralelos, figurando los detalles de su construcción en los tres libros que formaban su obra "Geographica".



Eratóstenes de Cirene y una reconstrucción moderna de su mapamundi.



Arquímedes (287-212 a. C.) logró un progreso extraordinario de las matemáticas, abriendo la vía del cálculo integral. En el año 1907 se encontró una carta que dirigió a su amigo Eratóstenes sobre su Método, especie de testamento científico clave para poder comprender los principales descubrimientos del genio y las líneas básicas de su pensamiento. Aunque se ignore el procedimiento que siguió, lo cierto es que asignó a la circunferencia terrestre un desarrollo de 300000 estadios (probablemente se apoyaría en lo que referido al círculo comentaba en su tratado de las espirales). Cuenta la tradición que el general romano Marcelo se llevó a Roma, tras conquistar Siracusa, dos globos celestes contruidos por Arquímedes y alabados por Cicerón. A él se le atribuye además el perfeccionamiento de instrumentos matemáticos como la dioptra, el más remoto antecedente del teodolito.

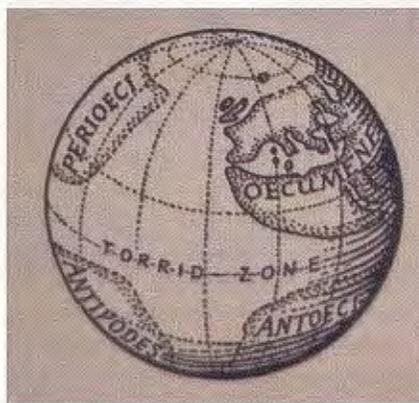


Arquímedes de Siracusa y portada de un libro dedicado al mismo por Tartaglia. Otro de los máximos exponentes de la escuela alejandrína fue Hiparco de Nicea, considerado con toda razón como el astrónomo más grande de la antigüedad. La mayor parte de sus observaciones las realizó en Rodas y Alejandría entre los años 161 y 127 a.C. En todos sus trabajos puede apreciarse un gran rigor defendiendo por ejemplo la necesidad de fijar las coordenadas geográficas mediante observaciones astronómicas y considerando nada fiables las procedentes de las crónicas de viajes. Entre sus aportaciones más sobresalientes caben mencionar las siguientes: la primera teoría numérica del movimiento del Sol y de la Luna, la reducción paraláctica de las observaciones al centro de la Tierra, la redacción del primer catálogo estelar (con más de mil estrellas) en coordenadas ecuatoriales y eclípticas, así como el descubrimiento de la precesión de los equinoccios al comparar sus propias observaciones con las anteriormente efectuadas. Utilizó la proyección estereográfica y, por primera vez, determinó las longitudes geográficas mediante los eclipses lunares, se le considera el inventor de la Trigonometría y el introductor en Grecia de la graduación sexagesimal propuesta por los babilonios. Asignó al diámetro solar un valor igual a $12 \frac{1}{3}$ el de la Tierra, suponiendo que la distancia del Sol a la Tierra era 1245 veces el diámetro de esta. Asimismo calculó la distancia Tierra-Luna, obteniendo un valor de $33 \frac{2}{3}$ diámetros terrestres, considerando que el diámetro lunar era la tercera parte del terrestre. Para Hiparco la circunferencia máxima de la Tierra tenía un desarrollo idéntico al que corrigió Eratóstenes, esto es 252000 estadios. Asignó un valor muy aproximado de la oblicuidad de la eclíptica e introdujo las observaciones sistemáticas de las culminaciones del Sol para determinar la duración del año trópico y de las estaciones.



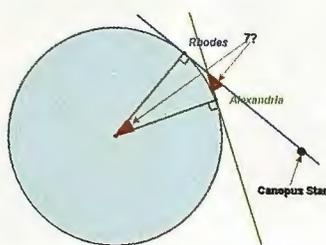
Grabado de Hiparco en el año 1559.

Al ya citado Crates de Mallos se le debe la primera representación globular conocida de la Tierra, que realizó hacia el año 150 a.C. para plasmar las ilusiones de Ulises. En el globo de unos tres metros de diámetro aparecían cuatro continentes sensiblemente simétricos: dos en el hemisferio norte y los otros en el sur, separados cada uno por estrechas bandas de agua. Tales ideas pervivieron durante siglos, llegando a influir en el diseño de los mapas medievales de T en O, tan influenciados por el isidoriano, y en la posterior idea de la tierra austral. Sin embargo su modelo de masa terrestre predominando sobre la acuosa fue pronto superado por el de Eratóstenes, en el cual prevalecía el agua sobre el ecumene.



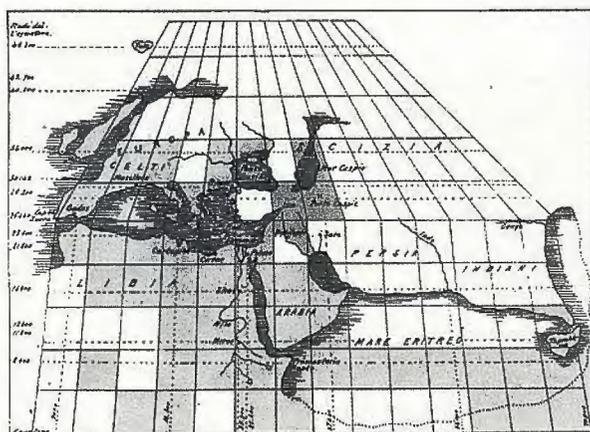
Reconstrucción del globo terráqueo construido por Crates.

Otro de los grandes geógrafos de la época fue indudablemente Posidonio (135-50 a.C.), el cual rectificó los valores asignados al diámetro del Sol y a su distancia a la Tierra. Partiendo probablemente de un cálculo de Arquímedes, para quien el diámetro de la órbita solar era de alrededor 10000 veces el terrestre, obtuvo un total de 500 millones de estadios para la distancia de la Tierra al Sol, cuyo diámetro consideraba que era $39 \frac{1}{4}$ diámetros terrestres. Corrigió asimismo la distancia Tierra-Luna fijándola en $26 \frac{1}{5}$ y el diámetro lunar que suponía igual a 0.157, todo tomando como unidad el diámetro terrestre, equivalente, según él, a 76400 estadios. Para tal determinación, se cree que se basó en la diferencia de latitudes entre Rodas y Alejandría, que calculó observando que la estrella Canopus estaba sobre el horizonte de la primera cuando en la segunda tenía una altura de $7^{\circ} 30'$, equivalentes a $\frac{1}{48}$ de la circunferencia meridiana. Suponiendo que la distancia entre las dos ciudades era de 5000 estadios, resultarían para la circunferencia 240000 estadios que se transformarían en 180000 (como defendía Eratóstenes) si los 5000 estadios se redujeran a 3750, cifra que fue aceptada tanto por Marino de Tiro como por Tolomeo. Esta desafortunada reducción alteró sustancialmente las dimensiones relativas del ecumene e incluso la propia historia de la geografía puesto que el error de subestimar las dimensiones del planeta se transmitió durante muchos siglos hasta llegar al Renacimiento. Al mismo Posidonio se le debe el descubrimiento de la refracción atmosférica (el Sol, afirmaba, parece más ancho en el horizonte que en lo alto del cielo) según Cleómedes, así como el análisis del fenómeno de las mareas que elaboró basándose en sus propias observaciones realizadas durante su estancia en Cádiz.



Busto de Posidonio y esquema de la medida de la Tierra que se le atribuye.

La expansión del imperio romano evidenció con toda su crudeza las deficiencias de los mapamundi elaborados hasta entonces, los cuales hubieron de complementarse con las descripciones de los territorios conquistados, de manera que durante ese período la geografía descriptiva eclipsó a la matemática. No obstante algunas cuestiones relacionadas con la geodesia y con la cartografía no fueron abandonadas del todo, sobre todo por los autores que escribían en griego. Así lo hizo Marino Tiro a comienzos del siglo II de nuestra era, recogiendo los antiguos trabajos de Eratóstenes y Posidonio al mismo tiempo que los ordenó con sentido crítico hasta conseguir formar su propio mapa, en el cual incluyó la red de meridianos y paralelos, además de las informaciones más recientes proporcionadas por las continuas conquistas; siguiendo las indicaciones de Hiparco introdujo por primera vez la graduación sexagesimal al referirse a las latitudes y a las longitudes.



Reconstrucción del mapa de Marino de Tiro

En los trabajos de Marino, descubiertos y también criticados por Tolomeo, se supone que la circunferencia terrestre tiene 180000 estadios; realmente decía que cada una de sus 360 partes equivalía a 500 estadios. Las dimensiones que fijó para el ecumene fueron 43500 estadios en sentido latitudinal, los 870 comprendidos entre los paralelos 63° N y 24° S, y 90000 estadios en sentido longitudinal medidos sobre el paralelo de Rodas. Según Tolomeo, Marino de Tiro realizó sus propias observaciones astronómicas, aunque también aseguraba que las coordenadas geográficas las fijó en muchos casos atendiendo solo a la información proporcionada por los viajeros y mercaderes; convirtiendo en estadios los días invertidos para recorrer un cierto trayecto.

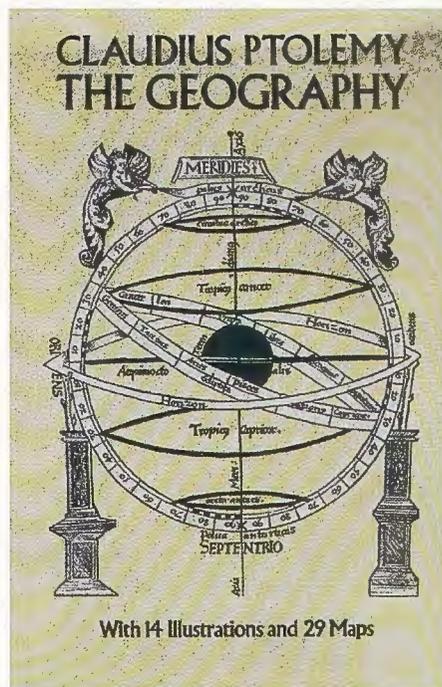
Coincidiendo con el apogeo del imperio y con el mandato de Marco Aurelio apareció la obra del insigne Tolomeo (90-168 d. C.), nacido con toda probabilidad en la región

del alto Nilo y afincado después en Alejandría realizando allí sus observaciones astronómicas entre los años 127 y 151. En la introducción de su Composición Matemática (Almagesto para los árabes), el autor expone el contenido de su obra y básicamente la estructura geocéntrica del Universo con los diferentes movimientos celestes y la situación de la Tierra con sus latitudes (libros I - II), la teoría del Sol y de la Luna, especificando sus dimensiones y las de la Tierra (libros III y IV), después la descripción de la esfera celeste y el catálogo estelar, ampliando el de Hiparco y corrigiéndolo por efectos de la precesión (libros VII-VIII), para terminar con la teoría de los pequeños planetas (libros IX-XIII).



Un grabado moderno de Claudio Tolomeo.

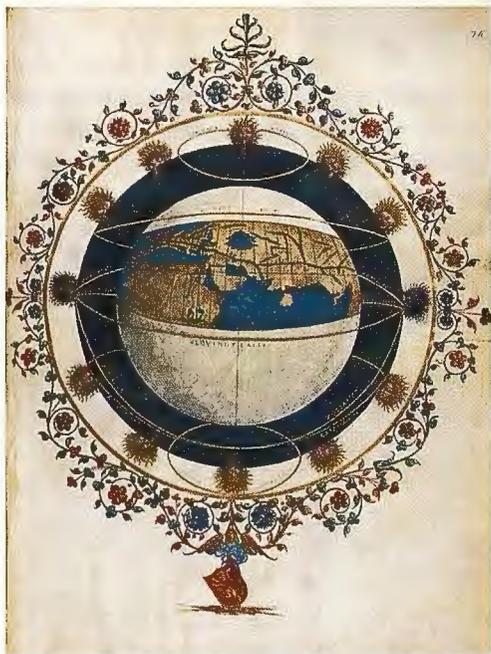
En estos trece libros de su Almagesto, refiere continuamente el trabajo de sus predecesores, lo cual no supone que no existan aportaciones originales del propio Tolomeo, sobre todo en el análisis de los ciclos y epiciclos, demostrando además la esfericidad de la Tierra y empleando la trigonometría esférica, por considerar inadecuados los métodos gráficos. Realmente, puede afirmarse que con él termina el desarrollo de la Astronomía antigua.



Versión inglesa de la Geografía de Tolomeo efectuada y editada por E. L. Stevenson, con una introducción de J. Fisher, en el año 1932 y reeditada en 1991 por "Dover Publications".

Tras su Almagesto escribió la guía geográfica, o simplemente Geografía, después del año 150, la cual es también fundamental en la historia de las Ciencias de la Tierra; manteniéndose en vigor desde entonces hasta el Renacimiento. La obra consta de ocho libros: en el primero de los

cuales trata de los principios de la geografía matemática exponiendo las generalidades correspondientes a las dimensiones de la Tierra, a las del ecumene y a la metodología cartográfica necesaria para su representación, en los restantes aparecen (casi exclusivamente) listados alrededor de ocho mil lugares clasificados por regiones e identificados por sus coordenadas geográficas. En el capítulo tercero de ese primer libro realizó Tolomeo una aportación geodésica muy singular y poco divulgada, que posibilitaba el cálculo del perímetro de la circunferencia terrestre por un método realmente novedoso. Planteada en términos actuales, se trataría de hallar el radio de la Tierra conociendo el desarrollo de un arco geodésico, las latitudes de los extremos y el acimut del mismo en uno de ellos; un interesante ejercicio de trigonometría esférica que no ofrece mayor dificultad. Los trabajos de Tolomeo representan la última aportación científica del mundo antiguo, debiendo considerarlo, con toda justicia, como el fundador de la ciencia geográfica; baste decir que algunas de sus afirmaciones, aunque erróneas, perduraron hasta el siglo XIX.



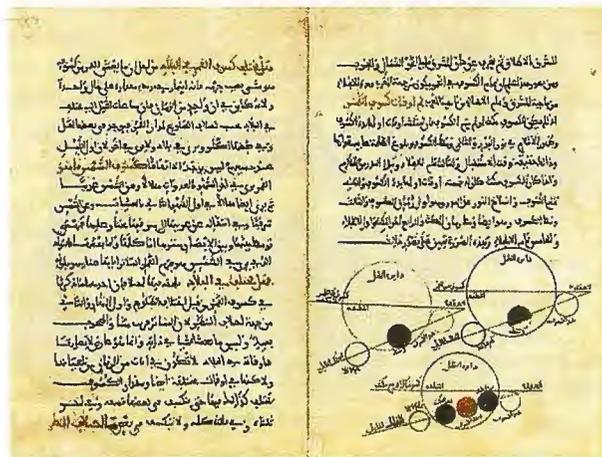
La cuarta proyección de Claudio Tolomeo en una edición moderna de su Geografía.

Existe práctica unanimidad en enjuiciar la Edad Media como un periodo histórico oscurantista en el que proliferaba una visión dogmática del mundo teológicamente conforme, creyéndose que la consiguiente intransigencia de la jerarquía eclesiástica fue el origen de la proliferación de leyendas, muchas veces forjadas por el misticismo, contraproducentes para la necesaria elevación del conocimiento científico. También es generalizada la opinión de que la Ciencia Árabe contribuyó en gran medida a la superación de tales condicionamientos, lográndose finalmente que la ciencia discurriese por una vía más independiente. En cualquier caso conviene matizar las afirmaciones anteriores ya que en los finales del siglo XII y albores del XIII, comienza a abrirse el paréntesis negativo coincidiendo con el apogeo de las Universidades, surgiendo un nuevo período en el que se inician las críticas a la autoridad, incluyendo la del mismo papa.



Los cuarenta mihrabs de la Kaaba de la Meca con la rosa de los vientos, flanqueada por dos instrumentos para determinar aproximadamente la qibla.

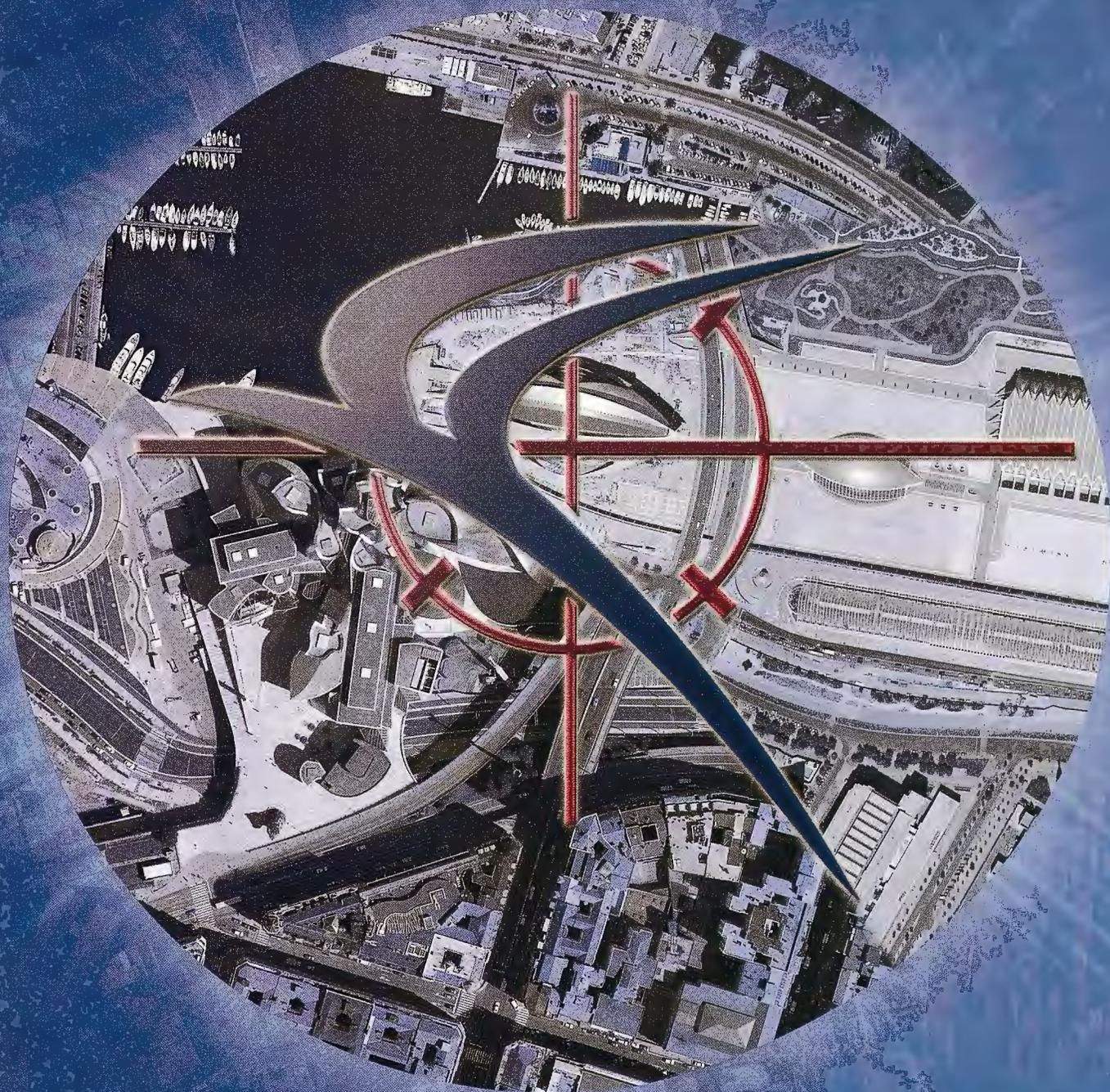
La proliferación de las traducciones de textos griegos especialmente de Tolomeo, aumentó considerablemente el interés de los sabios árabes y musulmanes por las ciencias geográficas, máxime cuando para los segundos recomendaba el Corán la necesidad de observar el Cielo y la Tierra a fin de encontrar en ellos pruebas en favor de su fe. Según al Battani, la astronomía era para el mundo musulmán la ciencia más noble, más alta y más hermosa. Gracias a ella podía determinarse el mes del Ramadán, las horas de oración y la Qibla, es decir la dirección de la Kaaba en la Meca; lo cual permite explicar el manifiesto interés, aparentemente extraño, de tantos soberanos por construir observatorios y dotarlos con el instrumental y los observadores más cualificados. De hecho, el califa al Ma'mun mandó construir dos observatorios principales, uno en Bagdad y otro cerca de Damasco, entre los años 813 y 833; en los que varios astrónomos consiguieron mejorar los resultados previos de Tolomeo.



Estudio de los eclipses un tratado astronómico del gran al Biruni (Abu al Rayhan Muhammad ibn Ahmad al Biruni).

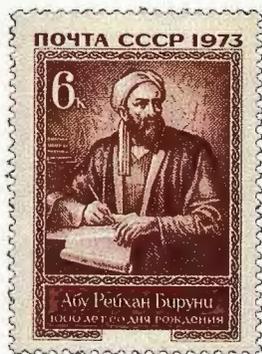
El interés musulmán por la Geodesia era pues obvio, pues necesitaban conocer con exactitud las coordenadas geográficas de la Meca y del mihrab de las mezquitas que debían construir para así poder determinar la citada qibla; obviamente daban por supuesta la esfericidad terrestre. Sin embargo su preocupación fue más allá del puro sentimiento religioso, al intentar verificar y lograr perfeccionar los valores del radio terrestre conocidos hasta entonces. Para ello realizaron las correspondientes mediciones de grado y las novedosas observaciones del horizonte aparente desde lugares de altitud conocida. Todo parece indicar que bajo el mandato del califa anterior se calcularon las coordenadas geográficas de la Meca y se realizaron también varias mediciones de 1 (de meridiano, entre los ríos

CAMARA DIGITAL - SISTEMA INERCIAL - LIDAR - RADAR - ESCANER



Tigris y Eufrates, para contrastar los cálculos realizados por los griegos. El desarrollo lineal del arco se midió mediante cuerdas debidamente alineadas sobre un terreno sensiblemente horizontal, la amplitud angular, probablemente, se determinó observando la diferencia de alturas meridianas del sol en los dos extremos, o bien a través de la diferencia de alturas del Polo sobre el horizonte.

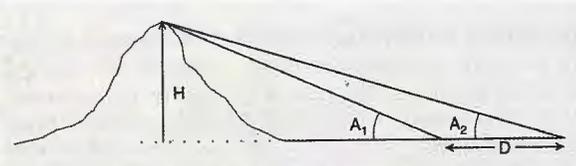
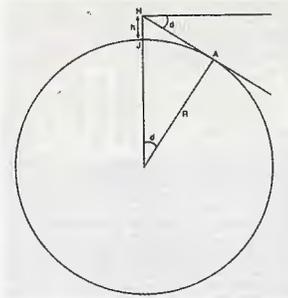
El valor asignado al desarrollo depende de la fuente consultada, aunque la cifra de 56 2/3 millas se base, aparentemente, en las primeras mediciones efectuadas en el siglo IX; lamentablemente, ninguna de las crónicas que relatan los trabajos da la equivalencia entre el grado y su desarrollo. Son varios los textos clásicos árabes que dan la cifra anterior: al-Farghani, al-Hasib, al-Biruni e ibn-Yunus entre otros. Asimismo aparece en varias obras árabes otra medición, al parecer preislámica, mucho menos fiable (incluso por la propia orografía del terreno) realizada entre Tadmor y Raqqa (consideradas en el mismo meridiano) que arrojó un resultado de 90 millas para un grado. Es muy probable que la transmisión a Occidente del valor citado por al-Farghani se debiera a la traducción de un trabajo árabe, realizada en el año 1175 bajo el título *Differentiae Scientiae Astrorum* por Juan de Sevilla (fl. 1135-1153). Según el arabista R. Lemay otros de los apelativos del traductor serían: Juan de España, Juan de Toledo, Juan de Luna (Ibn Daud o Avendeut).



El sabio matemático al-Biruni en un sello de la antigua Unión Soviética.

En el siglo XI al-Biruni (973-1048), uno de los mayores genios de la civilización musulmana, midió el radio de la Tierra por un procedimiento tan novedoso como ingenioso; tras desechar, por falta de apoyo, el intento de calcularlo por la metodología tradicional en las llanuras existentes al S. W. del Mar Caspio. En su *Tahdid* explica detalladamente el procedimiento seguido: medida de la depresión del horizonte sensible, realizada desde una montaña con una altitud previamente calculada; evidentemente los observables fueron los ángulos A_1 , A_2 , d y la distancia D , que aparecen en la figura siguiente. El propio al-Biruni realizó las observaciones en un pico al S. W. de Nandana (Pakistán). Los resultados obtenidos, según él, fueron parecidos a los logrados por los equipos de al-Ma'mun, aceptando que aquellos fueron más correctos a tenor del instrumental empleado. La consideración anterior resultaba ser cierta además por no haber tenido en cuenta el valor de la refracción al medir los tres ángulos citados. El valor del radio de la Tierra dado por al-Biruni fue de 12851369 codos, resultando para el grado 224388 codos, equivalentes a 56 millas árabes, aproximadamente.

La medida del radio terrestre por al-Biruni.



En el siglo XIII empieza la decadencia de la Ciencia Árabe aunque continúe durante más tiempo en el reino nazarita de Granada, en el norte de Africa y en Egipto. Sin embargo existe un florecimiento pasajero en Oriente tras la invasión mongólica, su principal artífice fue Nasis al-Din Tusi para quien el conquistador Hulagu Khan (nieto de Gengis Khan) mandó construir el observatorio gigante de Maragheh (Azerbaijan). En el siglo XIV decae otra vez toda la actividad científica iniciándose por el contrario la creciente vitalidad del Occidente cristiano. Excepcionalmente surge en la primera mitad del siglo XV un efímero foco científico con la escuela matemática y astronómica de Samarcanda. Su observatorio, mandado construir por el príncipe mongol y gran astrónomo Ulug Beg (1394-1449), contaba con un círculo meridiano de más de 40 m de radio; que fue descubierto a comienzos del siglo XX. Allí se confeccionó la tabla astronómica más exacta de su tiempo, con un catálogo de 1018 estrellas. La destrucción del observatorio, hacia el año 1460, marca el declive definitivo del saber geográfico árabe, confirmándose la crisis que venía padeciendo y que perviviría hasta bien entrado el siglo XIX.



El observatorio de Ulug Beg, en Samarcanda, y detalle de su gran círculo meridiano.



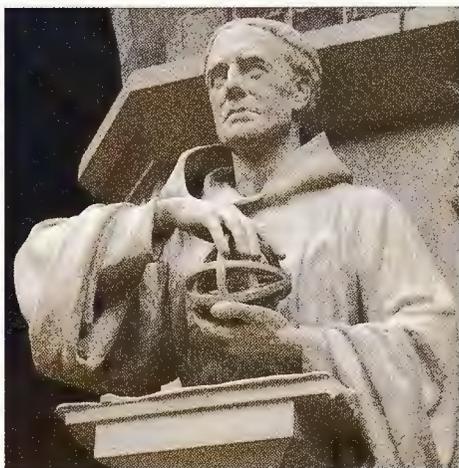
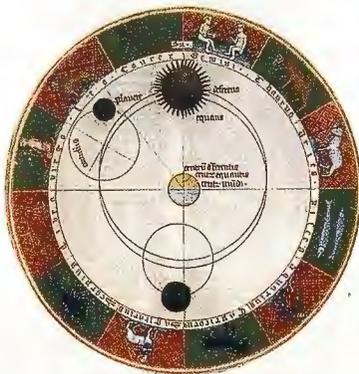
En el lado cristiano la Alta Edad Media se caracterizó por un considerable retroceso del pensamiento geodésico, llegando a tachar de insensatos a los defensores de la esfericidad terrestre; sin embargo, resultaba mucho más peligrosa la posible acusación de herejía que recomendaba un converso de la iglesia bizantina. En todo caso son dignas de mención

las excepciones protagonizadas por eclesiásticos tan señalados como San Isidoro de Sevilla (c. 570-636), quien pensaba que la Tierra era tan esférica como el universo que la contenía. Muchos siglos después se seguía debatiendo la cuestión, argumentando Santo Tomás de Aquino (1227-1274) que la Tierra debía ser esférica porque la posición de las constelaciones dependía del lugar en que se realizase la observación.



Tres globos tripartitos: el primero lo sostiene Dios Padre, el segundo está amparado por la Santísima Trinidad y el tercero está coronado por la Santa Cruz.

Finalmente la redondez de la Tierra tuvo su reflejo en la iconografía religiosa, debiendo destacarse en el presente contexto las múltiples representaciones de Dios sosteniendo el globo tripartito, una evidente transposición espacial del esquemático mapa de T en O con el que ilustró sus etimologías el arzobispo sevillano. El tema de la forma de la Tierra fue tratado además por autores como Gautier de Metz, Sacrobosco, Roger Bacon, Alberto Magno y muchos otros, siendo realmente escasos los trabajos que se oponían a la esfericidad por negar la posible existencia de los antípodas.



La Tierra esférica como centro de la Cosmografía de Sacrobosco y de la esfera armilar que sostiene Roger Bacon.

Como es notorio, el conocimiento de los textos griegos a través de sus versiones árabes permitió que la idea de la esfericidad terrestre volviera a ser un hecho incuestionable. Sirva de prueba la cifra de 180000 estadios que asignó el judío mallorquín Abraham Cresques a la circunferencia máxima de la Tierra, en su mapamundi del año 1375; el mejor de todo el medievo.

Superada la Edad Media renace el interés por las medidas de la Tierra efectuadas por los griegos, siendo el gran Leonardo da Vinci (1452-1519) uno de los primeros en referirse a ellas cuando explicó un método para determinar el radio de la Tierra, muy similar al seguido por Eratóstenes; su explicación, con la escritura especular, la ilustró con un dibujo que es básico en la historia de la geodesia.



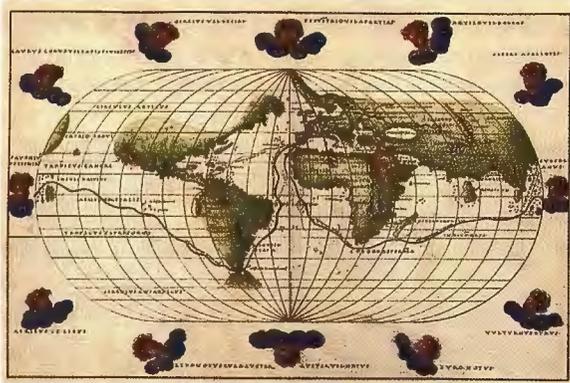
Dibujo de Leonardo da Vinci para explicar el cálculo del radio de la Tierra.

Elio Antonio de Lebrija (c.1441-1522) mencionó asimismo las operaciones geodésicas de los griegos en el capítulo cuarto de su *Cosmografía*, decantándose por la medida de la circunferencia terrestre citada por Posidonio. Tan ilustre humanista sevillano es muy posible que fuese el primer europeo cristiano en determinar el radio de la Tierra, a partir de la medida de un arco de meridiano, el comprendido entre Alcalá de Henares y Burgo de Osma. Mendez Bejarano llegó a escribir, en el año 1923, que la amplitud del arco fue de 52 minutos y su desarrollo de unas veinte leguas castellanas; de manera que si se acepta la equivalencia de una legua igual a 5.5727 km, resultaría para el radio un valor de 7368 km aproximadamente. La referencia más antigua de la medición de Lebrija fue realizada pocos años después de terminarla, su autor fue Pedro de Mexia, cronista de Carlos V; quien la incluyó en su obra *"Silva varia lección"*. El también cosmógrafo real afirmaba, por otra parte, que Oroncio Fineo (1494-1555) y Henricus Glareanus (1488-1563) habían efectuado operaciones semejantes a la llevada a cabo por Lebrija.



Antonio Martínez de Cala y Martínez de Xarana, generalmente conocido como Elio Antonio de Nebrija, ante la Biblioteca Nacional de Madrid.

Precisamente al rey Carlos I le cupo el honor de autorizar la expedición que comandó Fernando de Magallanes (1480-1521) y culminó Juan Sebastián Elcano (1476-1526), su circunnavegación de la Tierra causó tal sensación que el citado cronista la comparó con la creación del mundo, añadiendo que había sido «una de las grandes y señaladas cosas deste Príncipe»; desde el punto de vista geodésico supuso nada más y nada menos que la definitiva constatación de la esfericidad terrestre, la cual era todavía objeto de discusión en los foros más recalcitrantes.

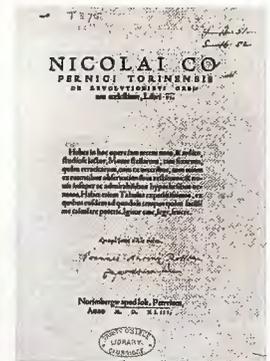


Mapamundi de Battista Agnese, Venecia 1540, con la ruta de la circunnavegación.

Siguiendo la tradición de la época, dispuso el rey que se hiciesen varios mapas en recuerdo de tan importante efeméride: quizás sean el de Nuño García de Torreño (1522) y el de Battista de Agnese (1542) los dos más señalados. El segundo fue encargado con el propósito de regalárselo al príncipe heredero, debiendo figurar representada la travesía seguida por aquellos navegantes entre los años 1519 y 1522.

Obligatoriamente ha de citarse, aunque sea de pasada, al astrónomo polaco Nicolás Copérnico (1473-1543), que al romper con el modelo geocéntrico del universo produjo la revolución científica del siglo XVII. Tan solo se subrayará en el presente contexto la interesante reflexión geodésica con la que encabezó el primer libro de su "De revolutionibus orbium coelestium": Ante todo debemos prestar atención al hecho de que el mundo es esférico. Y por ello y por ser esta la forma más perfecta de todas y no necesitar junta alguna por formar un todo cerrado en si, al que añadir ni quitar nada es posible, o bien por ser esta figura de máxima capacidad y la que más conviene precisamente para todo lo que tiene que abarcar y conservar; y también porque todos los cuerpos del universo encerrados en si, como el Sol, la Luna y los planetas, justamente bajo esta forma se presentan a nuestros ojos; o bien, finalmente, porque todo tiende a encerrarse en una de las formas que se pueden observar en las gotas de agua u otros cuerpos líquidos cuando por si mismos tratan de encerrarse en un todo separado. Más adelante daba pruebas irrefutables de la esfericidad terrestre, sobresaliendo la variabilidad de la altura del polo sobre el horizonte: "Si caminamos hacia el Norte, tomando cualquier rumbo, el vértice de la revolución nocturna se eleva lentamente, bajando al otro lado por el contrario en una proporción parecida. E infinidad de estrellas alrededor del septentrión parece que nunca se pusieran, a la vez que las correspondientes al punto austral se diría que no salen jamás". Copérnico localizó geográficamente

la posición de numerosos lugares en Polonia, calculando su latitud y longitud, y fue un hábil cartógrafo; destacando los mapas que realizó de los reinos de Polonia (1520) y de Prusia (1529).



Nicolás Copérnico sosteniendo una esfera armilar y portada de su obra "De revolutionibus orbium coelestium".

La siguiente medición de meridiano que se mencionará es la realizada por el francés Jean Fernel (1485-1558), médico del rey Enrique II, en torno al año 1525. El meridiano en cuestión fue el de París, una línea tan importante en todas las ciencias geográficas y a la que tanto tiempo estuvo referida la definición del metro, como se verá en su momento.



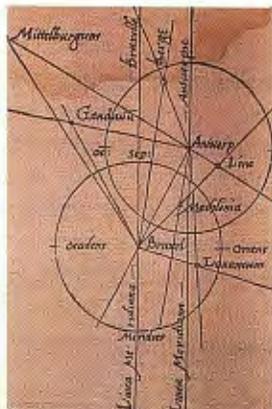
El médico y geodesta Jean Fernel.

Empleando el método de Eratóstenes, dedujo la amplitud angular del arco como diferencia de las alturas meridianas del Sol y el desarrollo lineal del mismo a través del número de vueltas que dieron las ruedas del carruaje que le llevó de regreso a París. Aunque su validez científica es más que dudosa, lo cierto es que en su Cosmotheoría (1528) cifró el desarrollo del grado en 56746 toesas de París; recuérdese que el valor aproximado de la toesa es de 1.949 metros, de manera que el radio hallado por Fernel sería próximo a los 6337 km.

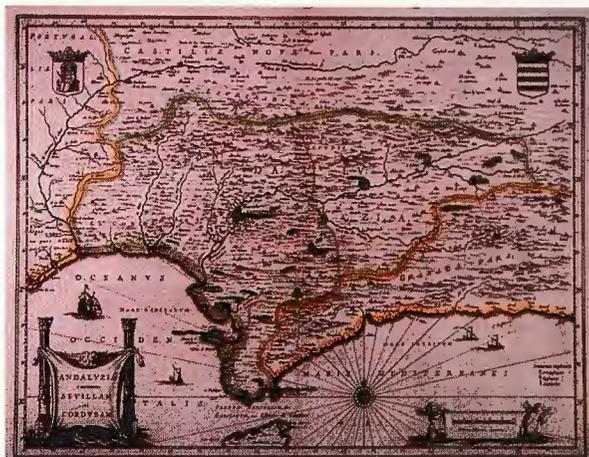
El emperador Carlos V encargó también a su compatriota Jacob van Deventer (1500-1575) los mapas de las diecisiete provincias que formaban, por aquel entonces, los Países Bajos. Los trabajos de campo duraron trece años, entre 1534 y 1547, empleándose en ellos por primera vez el método de la triangulación; que había sido ideado por el propio Deventer y luego difundido por su alumno Gemma Frisius (1508-1555), en su obra "Libellus de locorum describendorum ratione".



Gemma Frisius, el primero en describir el método geodésico de la triangulación, y el clásico triángulo formado por Bruselas, Amberes y Middelburgo.



mercantiles que científicos. A él se debieron los primeros mapas con orlas decoradas, cuyo tema principal eran las vistas de las ciudades acompañadas con personajes ataviados al modo del lugar representado.



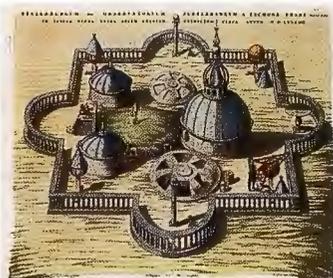
Tan novedoso método estaba llamado a ser el más genuino de los procedimientos geodésicos, a partir de que fuera usado años después como medio ideal para calcular el desarrollo lineal de un arco de meridiano. Los planos formados por Deventer sirvieron de soporte tanto a Mercator como a Ortelius para realizar el mapa general de tales provincias, incluido en las sucesivas ediciones de sus conocidos Atlas. Asimismo parece probada su influencia metodológica en las vistas panorámicas de las ciudades españolas que efectuó Antón van der Wingaerde por deseo de Felipe II, que siendo rey respetó la renta anual que le había concedido su padre a Deventer.

El empleo de la triangulación se impuso rápidamente en el resto de Europa, uno de los operadores más destacados fue el gran astrónomo danés Tycho Brahe (1546 -1601), quien la usó durante su dirección del Observatorio de Uraniburgo. En efecto, hacia el año 1578 decidió efectuar una triangulación geodésica para enlazar la isla de Hven, en donde se encontraba ubicado el observatorio, con las costas danesas próximas a ella. De la competencia de Tycho Brahe da fe el hecho de que Kepler, su alumno más brillante, considerase su encuentro con él como un efecto especial de la Divina Providencia.



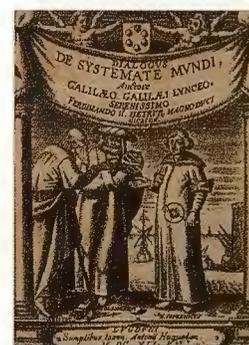
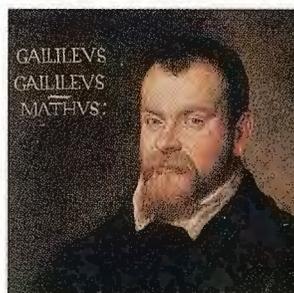
W. J. Blaeu y su mapa del Sur de España, en el que incluyó Andalucía y la parte de Granada.

En la frontera de los siglos XVI y XVII se sitúa la figura inigualable de Galileo Galilei (1564 - 1642), que conmocionó al mundo ilustrado con sus pormenorizadas observaciones astronómicas; realizadas con el antejo recientemente inventado. Desde el punto de vista de la geodesia geométrica, sobresale el descubrimiento de los satélites de Júpiter que denominó Siderea Medicea en honor del gran duque de Toscana. La primera constatación de su existencia se produjo el 7 de enero de 1610, deduciendo que giraban alrededor del planeta por variar su posición relativa en días sucesivos; de esa forma eliminó radicalmente otra de las objeciones anticopernicanas.



Tycho Brahe y una reproducción de su observatorio realizada por Jean Blaeu, hijo de uno de sus ilustres asistentes.

No resulta pues extraño que W. Blaeu (1571-1638), también alumno visitante de T. Brahe, la tuviera presente, años después, para medir un arco de meridiano aprovechando su estancia en el Observatorio, en los años 1595 y 1596; el resultado obtenido por el holandés fue muy parecido al que llegaría luego el francés J. Picard, según lo reflejó este último en la reseña que hizo de su viaje a Uraniburgo. Sin embargo, Blaeu pasó a la posteridad por su ingente producción cartográfica y por ser el primero de una dinastía dedicada a esa tarea, en la que impusieron criterios más



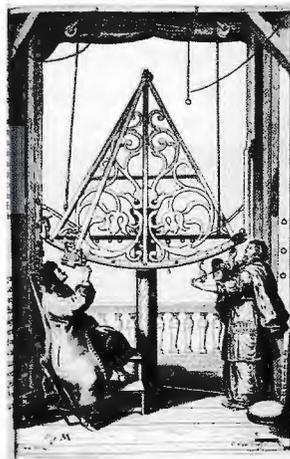
Galileo Galilei y su diálogo sobre los modelos cosmológicos aparecido en el año 1632, en la imagen aparecen representados Aristóteles, Tolomeo y Copérnico.

Desde abril de 1611 ya distinguía Galileo uno de los otros y pasó a determinar el periodo de cada uno de ellos; al comprender que la observación simultánea de sus eclipses

ses, desde sendas estaciones, podía ser un medio preciso para conocer las diferencias de longitudes geográficas entre las mismas.

Más tarde escribiría el rey Felipe III defendiendo esa posibilidad y tratando de venderle su "celatone", un instrumento que había diseñado a tal efecto y con el que se podían observar las estrellas medicéas. Realmente la pretensión del sabio italiano no era otra que la de participar en el concurso de longitudes que había convocado el monarca español. La participación quedó documentada en un despacho del rey al virrey de Nápoles, el 28 de enero de 1620, diciendo: "que Galileo Galilei, matemático del gran Duque de Toscana y lector de la Universidad de Pisa, ofrecía de dar el modo de poder graduar la longitud y facilitar y asegurar la navegación del Océano, y que ofrecía también otra invención para las galeras del Mediterráneo, con que se descubrían los bajeos del enemigo diez veces más lejos que con la vista ordinaria". Asimismo debe destacarse aquí su obra de finales de siglo, titulada "Trattato della sfera ovvero Cosmografía", redactado probablemente como apoyo a las clases particulares de topografía y de otras materias propias de la formación militar, que no se incluían en la docencia universitaria; en ella incluyó el estudio de la figura y del tamaño de la Tierra.

La obra de Johannes Kepler (1571-1630) fue también crucial en el afianzamiento definitivo del sistema heliocéntrico, apareciendo en ella las ideas necesarias para superar las antiguas descripciones geométricas del cielo y adoptar los criterios modernos propios de la astronomía física. En el año 1596 publicó su libro "Prodromus Dissertationum...", en el que rechaza totalmente el geocentrismo de Tolomeo y modifica sustancialmente el propio modelo copernicano. La revisión de la teoría de Copérnico la efectuó basándose en el análisis observacional de la trayectoria de Marte; tras múltiples intentos de explicar sus irregularidades con la combinación de círculos llegó a la conclusión de que el modelo elegido no era el adecuado, una intuición también genial que le llevó a adoptar el modelo elíptico para todas las trayectorias planetarias y a eliminar los aditamentos geométricos necesarios hasta entonces: excéntricas, ecuantas, epiciclos, etc.

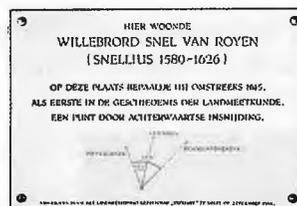


El insigne J. Kepler y una ilustración de su Prodromus, en la aparecen dos operadores haciendo una observación con el sector astronómico.

El "Epitome astronomiae copernicanae (1618-21)", quizás el primer tratado de Mecánica Celeste, sintetiza con toda claridad el pensamiento de Kepler. Para él eran imprescindibles las observaciones astronómicas como fuente de una

serie de datos que habrán de procesarse con la ayuda de las matemáticas; seguidamente han de elaborarse una serie de hipótesis que conformen modelos capaces de explicar los fenómenos observados. Está demostrado el interés de Kepler por determinar las dimensiones de la Tierra, mencionando inclusive un procedimiento para calcular su radio. El método se basaba en la observación recíproca de las distancias cenitales de una cierta visual y en el cálculo de la distancia entre las dos estaciones; así iba a proceder décadas después el jesuita italiano G. Riccioli.

La primera determinación del radio terrestre en el siglo XVII la llevó a cabo Willebrord Snell van Royen (1591- 1626) entre 1615 y 1617, tras encargarle W. Blaeu la medida del correspondiente arco de meridiano. Para ello enlazó los dos extremos del arco, Alkmaar y Bergen op Zoom, mediante una triangulación compuesta por una red de 33 triángulos. La amplitud angular del arco la determinó astronómicamente mediante observaciones realizadas en los extremos de la red, cuya escala fijó al medir una base con odómetro... El astrónomo, matemático y topógrafo holandés, más conocido por Snellius, dedujo para el desarrollo de un grado un valor de 55021 toesas. La operación, aunque poco exacta (los ángulos los midió con una incertidumbre próxima al minuto sexagesimal) puede ya considerarse moderna y desde luego trascendental, por el uso posterior de la triangulación que empleó para calcular el desarrollo lineal del arco. El detalle de la medición lo publicó en Leyden con el título "Eratosthenes Batavus. De Terrae ambitus vera quantitate (1617)", Una obra de importancia capital en la historia de la geodesia y de la cartografía, que novedosamente se presenta aquí en su versión española. En esa misma obra, y por vez primera, se resuelve analíticamente el clásico problema de la intersección inversa haciendo uso de la trigonometría plana.



Snellius y una placa conmemorativa de la intersección inversa que realizó.

Años después reconoció Snell que había cometido algunos errores, subsanados posteriormente por Muschembroek hasta fijar el desarrollo del grado en 57033 toesas; lo que equivale a decir que el radio de la Tierra es del orden de los 6369 km, en lugar de los 6144 km que había obtenido el Eratosthenes Batavus. Sin embargo, lo más sobresaliente de Snell fue la metodología introducida, ya que con el instrumental que empleó no eran previsibles resultados ajustados; el hecho de que los anteojos carecieran por entonces de los aditamentos necesarios para hacer buenas punterías puede servir por sí solo de justificación. La siguiente operación geodésica se realizó en 1635, cuando el matemático inglés Richard Norwood (1590 -1665) obtuvo para un grado de meridiano un desarrollo de 69,2 millas, alrededor de 110,72 km equivalentes a 57300 toesas

de París; con lo que suponía que el radio de la Tierra era de 6344 km. El arco de meridiano elegido fue el comprendido entre York y Londres. En su torre midió la altura meridiana del Sol haciendo lo propio en York, así calculó la amplitud de $2(28'$ equivalentes a 275 km, los cuales midió directamente con una cadena de agrimensur.



Detalles de la cadena de agrimensur ideada por el matemático inglés Edmund Gunter (1581-1626), probablemente similar a la empleada por Richard Norwood.

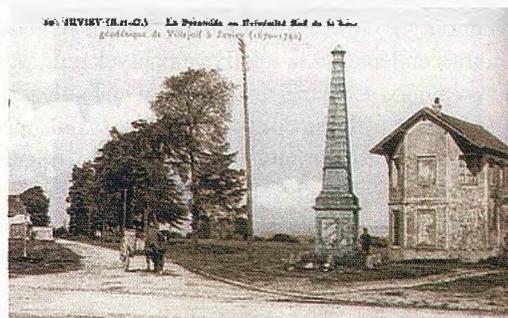
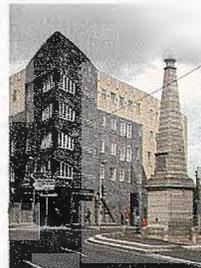
En el año 1661 se aplicó el método citado por Kepler para calcular el radio terrestre, el encargado de hacerlo fue el sacerdote y astrónomo italiano Giovanni Battista Riccioli (1598-1671) desde dos lugares separados por una distancia conocida. El ángulo en el centro de la Tierra lo obtuvo como la diferencia entre la suma de las distancias cenitales observadas ($90(33'47''$ y $89(44'53''$) y $180($. Es evidente que con el método no pueden lograrse resultados correctos al no tenerse en cuenta la refracción y suponerse que la distancia conocida coincide con el desarrollo del arco máximo comprendido entre las dos estaciones. Aplicando a sus observaciones un valor adecuado del coeficiente de refracción puede corregirse su resultado y llegar a un valor entre 55000 y 57000 toesas para el desarrollo de un grado de meridiano, en lugar de las 62900 halladas por Riccioli; los valores correspondientes para el radio serían por tanto los siguientes: 6142 km, 6365 km y 7024 km.



El abad francés Jean Picard, fundador de la geodesia moderna

En el año 1666 se creó en la Francia de Luis XIV su Real Academia de las Ciencias con un doble objetivo: medir y

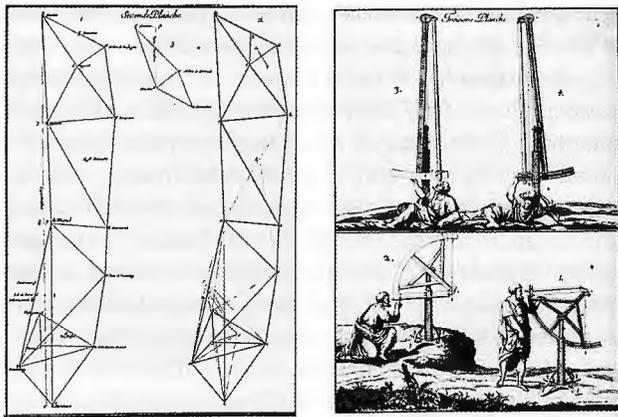
representar la Tierra. Con el primero se pretendía terminar de una vez por todas con la proliferación de los valores tan dispares asignados al radio terrestre. El responsable del proyecto fue el abad Jean Picard (1620-1682), uno de los miembros fundadores de tan prestigiosa institución; eligiendo para cumplir con su cometido el mismo procedimiento que había empleado, a comienzos del siglo, Snell para medir el arco del meridiano de Alkmaar. Su triangulación, iniciada en el año 1668, adoptó la forma de una cadena compuesta por 13 triángulos principales con vértices extremos en las proximidades de Amiens y Malvoisine. La escala la fijó mediante dos bases: Villejuif-Juvisy de 5663 toesas y Méry-Past de 3902 toesas, medidas con reglas de 2 toesas debidamente contrastadas.



Pirámides colocadas en el año 1740 para jalonar el meridiano de Francia y recordar las operaciones de Picard.

A la izquierda figura la de Villejuif y a la derecha la de Juvisy.

Para las observaciones angulares diseñó Picard los instrumentos necesarios, efectuando las medidas angulares con un cuarto de círculo de 1,04m y un sector astronómico de 3,25 m. El acimut de los lados los calculó a partir de los hallados en Mareuil, desde donde podía visar Clermont ($358(51'$) y Malvoisine ($180(26'$), por observación de la máxima digresión de la estrella Polar. La amplitud del arco celeste correspondiente la obtuvo observando en Malvoisine y Sourdon la distancia cenital y meridiana de la estrella δ de Casiopea; haciendo una observación análoga en Amiens, consiguió los siguientes resultados: Malvoisine-Sourdon $1(11'57''$ y Malvoisine-Amiens $1(22'55''$. De modo que una vez determinado con la cadena de triángulos el desarrollo lineal correspondiente concluyó que un grado de meridiano era equivalente a 57060 toesas. Un resultado nuevo y de suma importancia, frecuentemente se asegura que sirvió a Newton para confirmar su hipótesis de la gravitación universal. Aunque no exista prueba documental, es indudable que el valor del radio terrestre obtenido por Picard, $R \approx 6371$ km, es el más adecuado para verificar la igualdad del cociente entre la gravedad en la superficie terrestre y la aceleración centrífuga de la Luna, con el formado por los cuadrados de las distancias respectivas al centro de la Tierra.

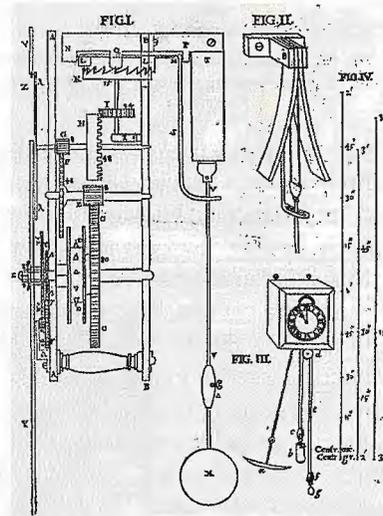


La triangulación de Picard a lo largo del meridiano de París e instrumentos empleados para las observaciones angulares. Ambas ilustraciones las incluyó en su obra "Mesure de la Terre".

El resumen de todas las operaciones geodésicas realizadas por Picard fueron publicadas por la Real Academia, en forma anónima, con el título *Mesure de la Terre*, después se hicieron varias reediciones en las que sí aparecía el nombre de Jean Picard; cuando se desplazó a Uraniburgo, él mismo llevó, por encargo de Luis XIV, dos ejemplares de su obra, uno para el rey de Dinamarca y otro para el senado de Hamburgo. Otra de sus contribuciones singulares y también trascendental es la relativa a la nivelación, según Picard dos puntos estaban a nivel si distaban lo mismo del centro de la Tierra; él y su discípulo La Hire explican también la distinción entre desnivel real y aparente, fijando la corrección por esfericidad en $D^2/2R$. Asimismo indican la conveniencia de estacionar el nivel en el punto medio del segmento que se pretende nivelar, además de preconizar la necesidad de efectuar un itinerario de doble nivelación si la magnitud de la distancia entre los puntos y la del desnivel existente impide que se halle éste desde una sola estación. El principio de la nivelación trigonométrica fue introducido también por Picard al idear medir las distancias cenitales para calcular la diferencia de altitudes entre los extremos de un lado de orden geodésico. Debe concluirse esta reseña de Picard insistiendo en la gran importancia teórica y práctica tanto de sus ideas como de las brillantes operaciones geodésicas que realizó; su recomendación de que la cartografía básica de un territorio debería de apoyarse sobre una red geodésica resultó fundamental para el cabal conocimiento de la Tierra.

La Real Academia de Ciencias de París se constituyó en torno a la figura de Christian Huygens (1629 - 1695) que fue llamado a tal efecto por el rey Luis XIV. Huygens permaneció en la capital francesa hasta que en el año 1681 volvió a su Holanda natal. Una de sus aportaciones más sobresalientes fue descubrir el péndulo como regulador del mecanismo de los relojes, contribuyendo por lo tanto a solucionar el problema de la medida exacta del tiempo, es decir el de la diferencia de longitudes. En efecto, durante su estancia en París publicó *Horologium Oscillatorium* (1673), un brillante trabajo dedicado al rey Luis XIV en que se contiene, perfectamente desarrollada, toda la teoría matemática del péndulo con la deducción de las fórmulas correspondientes. En su *Discours de la cause de la pesanteur* (1691) incluye una explicación de la gravedad con un cierta influencia debida a Descartes, si bien es más

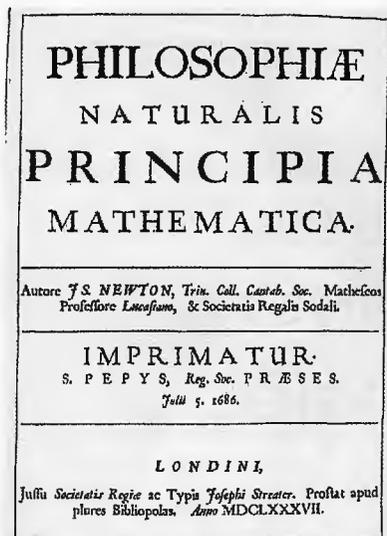
interesante el intento que realiza para determinar la curvatura de los meridianos terrestres y por tanto el aplastamiento del globo. Para Huygens la gravedad era central y constante en todas las direcciones. Con sus criterios gravitacionales llega también a que la forma del cuerpo en rotación es un elipsoide con un aplastamiento demasiado pequeño ($a \approx 1/578$); su modelo matemático era pues muy próximo a la esfera, la diferencia entre los dos ejes es de alrededor de 11 km.



Christian Huygens y una ilustración de su *Horologium Oscillatorium*.

Isaac Newton (1642-1727) fue el mayor personaje que hizo posible la revolución científica del siglo XVII, basada en gran medida en su obra más conocida "*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687)", uno de los trabajos más importantes aparecidos en la historia de la ciencia moderna. En el presente contexto ha de comentarse la verificación de su teoría de la gravitación universal, gracias a la determinación del radio terrestre. Se cree que ya en 1666 había tratado de verificarla usando el valor deducido al considerar que un grado de meridiano equivalía a 60 millas inglesas, si bien los malos resultados obtenidos le obligaron a retrasar la publicación de la ley. Aunque no pueda afirmarse con rotundidad que Newton repitió los cálculos con los datos de Picard y constató así la bondad de su ley, animándose a publicarla, sí es cierto desde luego que la comprobación de la misma se debió a la medida del radio terrestre. La geodesia venía a refrendar de esa forma una

ley fundamental para el conocimiento del Universo, la contrapartida que ofreció Newton a las Ciencias de la Tierra no pudo ser más espectacular y revolucionaria, consiguió demostrar que el modelo esférico supuesto hasta entonces como ideal para la superficie terrestre debía ser sustituido por otro elipsoidal.

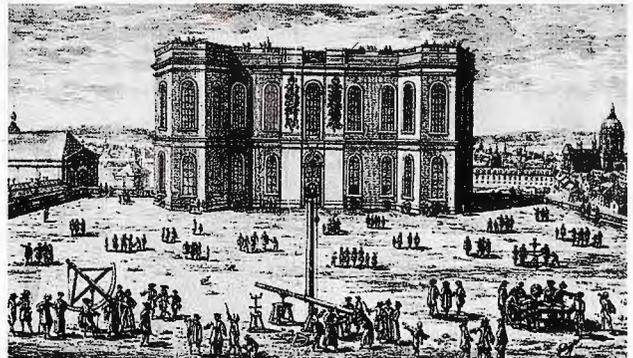


Sir Isaac Newton y portada de su obra más conocida.

El estudio de la forma de la Tierra lo realiza también Newton en el tercer libro de los Principia (proposiciones XVIII, XIX y XX), atendiendo a la existencia de una atracción mutua directamente proporcional al producto de las masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Por otro lado las partículas superficiales se encuentran en equilibrio bajo la acción resultante de la fuerza de la gravedad que las atrae hacia el centro de la Tierra y de la fuerza centrífuga que, con la excepción de los polos, tiende a separarlos del eje de rotación. Newton considera también que la Tierra es una masa fluida y homogénea en rotación con todas sus partículas sometidas a la ley de atracción. Más tarde trata de encontrar la relación existente entre el eje polar y el ecuatorial estudiando el equilibrio de dos columnas fluidas que confluyen en el centro de la Tierra y se suponen de igual peso. Finalmente, tras algunos cálculos, deduce que el aplastamiento de la esfera ha de ser próximo a $1/231$; de manera que el radio ecuatorial debía

ser unos 27 km mayor que su homólogo polar. Esta aportación y la posterior de Huygens fueron los primeros pasos que se dieron en la dirección de modelar teóricamente la forma de la Tierra, sustituyendo la esfera tradicional por el novedoso elipsoide de revolución. Sin embargo la sustitución real se produjo definitivamente en el siglo siguiente, al estar avalada por numerosas observaciones de campo con las que obtener los correspondientes radios de curvatura.

Sin el ánimo de restar protagonismo a los dos sabios anteriores, es necesario recordar que en el año 1672, el astrónomo francés Jean Richer (1630 -1696) se desplazó a Cayenne, a una latitud de 4° , para hacer las observaciones relacionadas con el cálculo de la paralaje de Marte, que le había encargado Cassini I. Allí tuvo ocasión de comprobar como la regulación del péndulo realizada en París le impedía seguir correctamente el movimiento diurno desde la Guayana francesa, llegando a la conclusión de que para lograrlo debería acortarse su longitud. Dicho en otros términos, la gravedad era menor de la esperada, ateniéndose a la fórmula dada por Huygens que la relacionaba con el periodo y la longitud del péndulo; la conclusión resultaba evidente, Cayenne estaba más lejos del centro de la Tierra que París. Un descubrimiento en el que continuamente se apoyaron tanto el holandés como Newton para elaborar su modelo matemático de la Tierra.

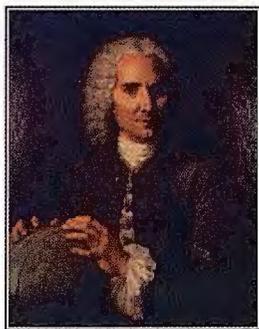


Cassini I y el Observatorio de París.

Coincidiendo con la constitución de la Academia de Ciencias se creó el Observatorio de París, siendo su primer director el astrónomo italiano Giovanni Domenico Cassini (1625 -1712); nombrado por el rey Luis XIV a propuesta de Picard. Cassini fue el primero de una dinastía de astrónomos y geodestas que le fueron sucediendo en la dirección del Observatorio. El trabajo más singular de Cassini I fue la determinación de la paralaje de Marte, un proyecto que lideró aunque contara también con la colaboración de Picard. Es sabido que así determinó su distancia a la Tierra y la de ésta al Sol, que cifró en 140 millones de kilómetros;

el primer valor realmente aproximado obtenido hasta entonces y que fijó en sus justos términos la escala del sistema solar. Asimismo es digna de mención su operación geodésica en el meridiano de París, iniciada en el año 1683 pero pospuesta hasta el año 1700, con unos resultados que evidenciaban un meridiano achatado por el ecuador, justamente lo contrario de lo previsto por Huygens y Newton.

Se originó así la controversia científica en que se centraron gran parte de las discusiones que se mantuvieron a lo largo del siglo XVIII; un periodo que debe identificarse desde el punto de vista geodésico como la era elipsoidal, pues fue entonces cuando quedó definitivamente superado el modelo esférico de la Tierra. Sin embargo eran tan opuestos los elipsoides propuestos, el oblató de los newtonianos frente al prolato de los partidarios de Cassini, que decidió intervenir la Academia de Ciencias de París para zanjar la discusión. El propio Newton había recomendado en su momento que la cuestión no se resolvería hasta que se evaluara la curvatura del modelo elipsoidal en dos lugares de latitudes muy dispares. Se entiende pues que la Academia optara por subvencionar el proyecto que, en el año 1735, le presentara Louis Godin (1704-1760) para medir grados de meridiano en el Ecuador. Poco tiempo después fue Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698 - 1759) el que propondría realizar una operación parecida en la zona polar, siendo también aceptada su proposición. De esa manera quedaría definitivamente resuelta la polémica ya que el radio de curvatura del meridiano elíptico sería mínimo en el primer caso y mucho mayor en el segundo (máximo en los polos). El ministro Maurepas el encargado de realizar las gestiones diplomáticas ante los gobiernos de España y Suecia para conseguir las autorizaciones pertinentes, y poder así realizar los trabajos en el virreinato de Perú y en el golfo de Botnia.



El astrónomo Louis Godin (I) y el matemático Pierre L. Maupertuis (D).

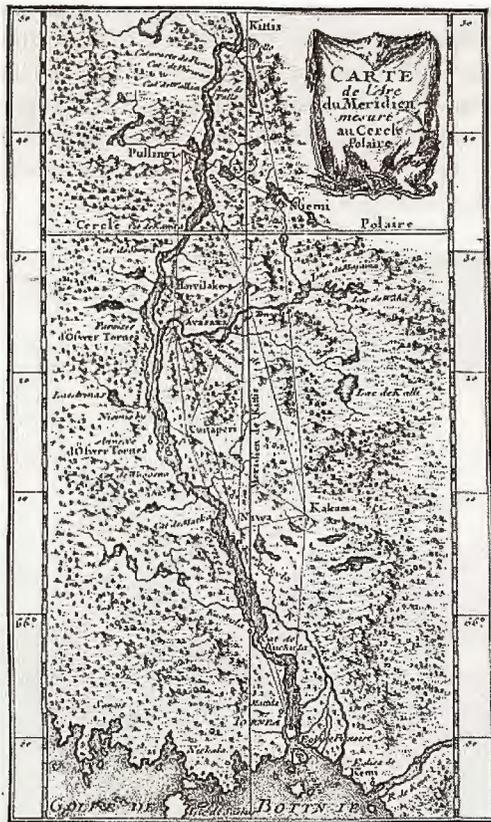
Al frente de la primera expedición científica se situó el astrónomo Godin y al geógrafo La Condamine, participando además el biólogo Jussieu, el matemático Bouguer, los españoles Jorge Juan y Antonio de Ulloa, además de numeroso personal subalterno. La amplitud del arco de meridiano medido, en el entrono de Quito, fue próxima a los tres grados; determinándose su amplitud angular mediante observaciones a la estrella γ de Orión. Los desarrollos lineales asociados al grado de meridiano se calcularon mediante la correspondiente triangulación, aunque se produjeron resultados dispares al dejar de existir un único proyecto por las desavenencias entre sus ejecutores.

Las equivalencias métricas dadas para el grado de meridiano fueron las siguientes: 110651 m (Godin), 110639 m (Bouguer), 110645 m (La Condamine), 110633 m (Juan) y 110648 m (Ulloa). Los pormenores de tan difícil operación se hicieron públicos inmediatamente después de que se diera por concluida en el año 1743, la misión se había iniciado formalmente el 16 de mayo de 1735.



Monumento a la mitad del mundo, erigido en el Ecuador para conmemorar las mediciones de los tres grados del meridiano terrestre.

Maupertuis dirigió la expedición de Laponia, contando con la colaboración de personajes tan ilustres como Celsius o Clairaut, el cual aprovechó su participación para formular la variabilidad de la intensidad de la gravedad con la latitud. La operación duró poco más de un año, entre 1736 y 1737, determinándose el desarrollo del arco por medio de la triangulación que discurría por el río Tornéa y su amplitud angular a través de las distancias cenitales meridianas de las estrellas γ (de Dragón). Los resultados calculados sobre el terreno permitieron estimar en 111949 m el desarrollo lineal de un grado de meridiano. Tal resultado les permitió asegurar, de vuelta en París, que la Tierra era un elipsoide achatado por los polos; llegando incluso a fijar en torno a $1/178$ el valor de su aplastamiento. El pronunciamiento formal de Maupertuis tuvo lugar el 13 de noviembre de 1737 ante la Academia reunida en sesión pública y solemne, añadiendo que sus medidas probaban con toda claridad que la Tierra estaba considerablemente achatada por los polos. Siete años después (14.11.1744), Bouguer hizo lo propio en su comunicación a la Academia de Ciencias, dando para el desarrollo del grado el valor de 56.753 toesas; asimismo fijó en $1/179$ el aplastamiento terrestre, teniendo en cuenta los resultados que había obtenido Maupertuis.



Mapa del arco de meridiano medido en el círculo polar, mostrando la triangulación realizada por el equipo de P. Maupertuis.

El éxito de las dos operaciones anteriores fue el desencadenante de otras observaciones geodésicas que, si bien no fueron tan trascendentales como aquellas, también contribuyeron a que se comenzase a entender que la figura de la Tierra era asimilable a la de un elipsoide de revolución achatado por los polos; aunque todavía no se conociera bien el valor del aplastamiento. Así el propio Maupertuis, de vuelta de Laponia, colaboró con Pierre Charles Le Monnier (1715-1799) en la remedición del arco de Picard; rectificando su amplitud angular y por tanto el desarrollo del grado que evaluó en 57183 toesas. De manera que comparándolo con las 57097 obtenidas en el segmento Sur del meridiano de París pudo rechazar nuevamente el modelo elipsoidal de Cassini y cuestionar las medidas que se habían realizado en el meridiano de Francia.



El astrónomo P. Ch. Le Monnier.

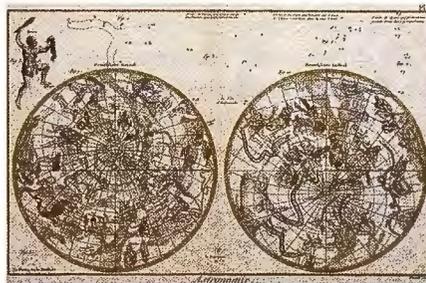
La Academia confió el trabajo a Cassini de Thury (1714-1748) y al abad Nicolas Louis de La Caille (1713-1762) que proyectaron y realizaron una nueva triangulación con triángulos muy bien conformados, la cadena se apoyó en seis bases: Dunkerque, Villers-Bretonneux, Juvisy, Bourges, Rodez y Perpignan. En la misma época (1739, 1742) se comprobó el paralelo de Brest, París y Estrasburgo, empleando para sincronizar los relojes el método de las señales de fuego ideado por La Caille en 1738: en las dos estaciones cuya diferencia de longitud se pretendía conocer se observaba la hora marcada por el reloj cuando aparecía el resplandor producido por la deflagración de una pequeña cantidad de pólvora.



Cassini de Thury y un autorretrato del astrónomo y geodesta N. L. de La Caille.

Ambos cálculos de meridiano y de paralelo vinieron a confirmar otra vez la hipótesis de Tierra con aplastamiento polar, asegurándolo así el propio Cassini III en su obra "La Meridienne de París vérifiée".

Convencidos ya del aplastamiento elipsoidal había que comprobar que se presentaba también en el otro hemisferio de la Tierra. La comprobación la efectuó el astrónomo La Caille durante el viaje que hizo al Cabo de Buena Esperanza (1752) para realizar observaciones estelares y determinar la distancia de la Tierra a la Luna; en colaboración con J. Jérôme Lalande (1732-1807), otro astrónomo francés que se desplazó a Berlín a tal efecto. Una vez en el Cabo realizó una triangulación compuesta por cuatro triángulos, apoyados en una base de 6467,25 toesas, con cierres inferiores a los 20". La amplitud del arco de meridiano fue de $1(13' 17" .3)$ lo que le permitió calcular el desarrollo de un grado de meridiano, a una latitud media de $-33(18')$, que resultó ser de 57037 toesas. Con la misión del Cabo de Buena Esperanza terminaron las grandes expediciones geodésicas, la Academia de Ciencias de París recogió los frutos de todas ellas y la balanza se inclinó del lado de Newton.



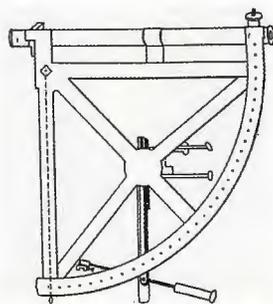
Planisferio celeste confeccionado por La Caille apoyándose en el catálogo que confeccionó tras sus observaciones africanas, en el que incluyó más de 2000 estrellas visibles desde el hemisferio Sur, y el sector astronómico usado en sus observaciones.

A pesar de todo continuaron efectuándose mediciones de grado que corroboraron aún más el modelo newtoniano, debiendo destacar entre todas las efectuadas por un selecto grupo de jesuitas. El inglés Christopher Maire (1697-1767) y el croata Rudjer Josip Boscovitch (1711-1787) midieron un arco de meridiano, durante el año 1754, en los estados pontificios (entre Roma y Rimini), concluyendo que un grado equivalía a 56973 toesas. Los pormenores de su operación fueron publicados en Roma al año siguiente con el título "De litteraria expeditione per pontificiam ditionem ad dimetiendos duo meridiani gradus et corrigendam geographicam jussu, et auspiciis Benedicto XIV". Años después, en 1770, se publicó su traducción francesa "Voyage astronomique et géographique dans l'Etat de l'Eglise, entrepris par l'ordre et sous les auspices du pape Banoit XIV, pour mesurer deus degrés du méridien,..."



Billete y sello del geodesta y astrónomo jesuita Boscovitch, uno de los primeros científicos europeos en aceptar la teoría gravitacional de Newton.

Igualmente deben de citarse los dos primeros arcos de meridiano medidos por el jesuita alemán Joseph Liesganig (1719-1799), durante el periodo comprendido entre los años 1750 y 1769. Uno en Austria, determinado por Warasdin y Brünn, y otro en Hungría, con extremos en Czurock e Histeleck, obteniendo para los desarrollos del grado las siguientes magnitudes: 57074 toesas en el primer caso y 56881 toesas en el segundo. Tales cifras y el relato detallado de las observaciones aparecieron publicados en su obra "Dimensio graduum meridiani vennensis et hungarici (1770)".



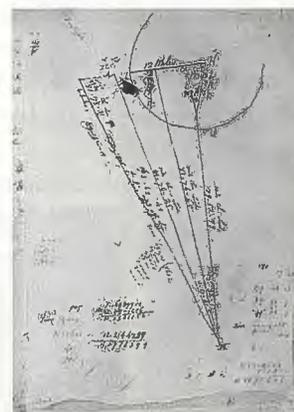
El sacerdote J. Liesganig y el cuadrante empleado en sus observaciones.

También es digno de mención el arco de meridiano que midió en Italia el sacerdote escolapio Giovanni Battista Beccaria (1716- 1781), durante el año 1774. G. B. Beccaria, profesor de física en la Universidad de Turín desde el año 1748, contó con la asistencia del también profesor Domenico Canonica; hallando para el arco de amplitud $1^{\circ} 7' 4''$, 71 un desarrollo de 64887,01 toesas al nivel del mar. Los resultados de su observación geodésica se publicaron el mismo año en el libro "Gradus Taurinensis".



G.B. Beccaria y el resultado de sus trabajos geodésicos.

Tampoco pueden dejarse de citar las observaciones geodésicas realizadas por el astrónomo inglés Charles Mason (1730-1787), y su asistente, el topógrafo Jeremiah Dixon (1733-1779); los cuales midieron en el estado de Maryland un arco de meridiano, con una latitud media de $39^{\circ} 12'$. La operación la llevaron a cabo en el año 1767, empleando un sector cenital para calcular las latitudes y por tanto la amplitud angular del arco; en cuanto al desarrollo, lo obtuvieron directamente sin emplear triangulación alguna. Aunque sus observaciones fueron cuidadosas, no lograron resultados verdaderamente fiables; a pesar de haber sido aceptado su informe por la Royal Society al año siguiente. Las observaciones de los dos ingleses fueron efectuadas tras materializar el límite jurisdiccional entre Pennsylvania y Maryland, una tarea para la que habían sido contratados en Inglaterra por representantes de las familias Penn y Baltimore, los respectivos propietarios en litigio. Sus levantamientos topográficos comenzaron en 1763 y continuaron hasta que tuvieron que suspenderse en 1767 por el acoso de los indios, después de recorrer cerca de 400km a lo largo del paralelo 39. La importancia de su labor fue tal que todavía es conocida como línea Mason-Dixon, la que imaginariamente separa el Norte y el Sur de los Estados Unidos.



Dos páginas del diario realizado por Ch. Mason y J. Dixon, en el que dan cuenta del replanteo del paralelo de 39° de latitud.

Poco después fue analizado y corregido el trabajo geodésico anterior por el también inglés Nevil Maskelyne (1732-1811). Un astrónomo estudió pormenorizadamente las observaciones de Ch. Mason y de J. Dixon, llegando a la conclusión de que, a la latitud media de $39^{\circ} 12'$, el grado de meridiano tendría un desarrollo de 363763 pies ingleses o 56904.5 toesas de París. Otra de las aportaciones geodésicas del futuro Director del Observatorio de Greenwich fue su participación en la determinación de la diferencia de

longitudes entre él y el de París, complemento de la triangulación geodésica que logró enlazarlos. No obstante su contribución más singular fue la sugerencia que formuló a la Royal Society, en 1772, para que se llevase a buen término el experimento que pretendía determinar la densidad de la Tierra. Para ello se eligió la montaña escocesa de Schehallion (Perthshire), por su gran simetría, evaluándose en sus laderas Norte y Sur la desviación de la vertical; Maskelyne fijó para la misma un valor cercano a los 11,7 segundos de arco, comparando las coordenadas astronómicas con sus homólogas geodésicas proporcionadas por la correspondiente triangulación.



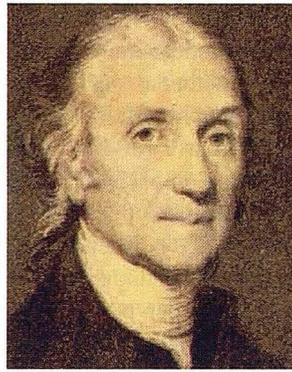
Nevil Maskelyne un estudioso de la desviación de la vertical y el primero en lograr medir el tiempo con incertidumbres próximas a la décima de segundo.

El astrónomo contó con la ayuda del topógrafo y matemático Charles Hutton (1737-1823), el cual hizo el levantamiento topográfico de la montaña en el año 1774. Fue así como pudo calcular, por una parte, el volumen de la misma mediante las curvas de nivel de su plano y por otra deducir que la densidad de la Tierra era 4,5 veces la del agua. El experimento tuvo gran repercusión científica en su momento, ya que fue la primera vez que se pesaba la Tierra, incluyéndose el informe relativo al mismo en las "Philosophical Transactions" del año 1778. El Centro de las Ciencias de Glasgow repitió la operación el 21 de junio del pasado año 2005.



El topógrafo y matemático Charles Hutton y la Montaña de Schiehallion, cuyo volumen calculó empleando por primera vez las curvas de nivel.

El valor de la densidad de la Tierra hallado por Ch. Hutton fue pronto rectificado por Sir Henry Cavendish (1731-1810) en 1778, el cual lo fijó en 5,45 gr/cm³, usando un método ligeramente diferente. Sin embargo su célebre experimento con la balanza de torsión fue lo que le hizo pasar a la posteridad, al determinar con sorprendente exactitud la constante de gravitación universal.



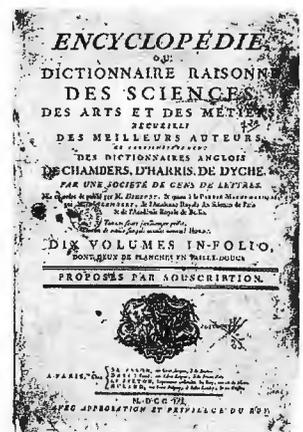
Sir Henry Cavendish, nacido ocasionalmente en Niza pero educado en Inglaterra.

Cavendish participó junto al general William Roy (1726-1790) en el reconocimiento (16.4.1784) de la base geodésica de Hounslow-Heath en la que se apoyarían los levantamientos trigonométricos de Inglaterra y Gales, efectuados entre los años 1784 y 1796. El general es la figura más destacada de la geodesia inglesa en este periodo histórico, su informe "General Instructions for the Officers of Engineers employed in 'Surveying'" explica la fundación del Ordnance Survey en el año 1791; el primer centro cartográfico estatal que se creó en Europa.

Sin embargo, la proliferación de medidas meridianas, o de paralelo, cada vez más precisas no contribuyó, en sentido estricto, a mejorar las dimensiones calculadas para el elipsoide terrestre por dos razones principales: en primer lugar la existencia de las desviaciones de la vertical (que impide la coincidencia generalizada de las coordenadas astronómicas con las geodésicas) y por otro lado el propio concepto de superficie terrestre que no se concretó con claridad hasta el siglo siguiente. Jean Le Rond d'Alembert (1717-1783) explicaba, con su habitual brillantez, la situación planteada en su artículo Figure de la Terre, reeditado en su Enciclopedia (1756); en él afirmaba que el problema de la figura de la Tierra, a pequeña escala, está lejos de resolverse, a pesar de ciertas apariencias como la regularidad de la rotación del globo.



Jean Le Rond d'Alembert, Secretario perpetuo de la Academia de Ciencias, y portada de la gran enciclopedia que hizo junto a Diderot.



D'Alembert sospechaba que la figura de la Tierra dependía de su constitución interna, de su estratificación en capas, de su grado de fluidez y hasta de su historia. Siendo consciente de los resultados de sus propios trabajos y de los previstos para los que estaba desarrollando, añadía "préparé les matériaux de ce qu'il reste à faire et d'en faciliter les moyens. Quel parti prendre jusqu'à ce que le temps nous procure de nouvelles lumières? Savoir attendre et

douter". En el campo de las ciencias geográficas dos fueron sus obras más destacadas: "Recherches sur differents points importants du systéme du monde" y "Recherches sur la précession des equinoxes et sur la nutation de l'axe de la terre dans le systéme Newtonien". La importancia geodésica de su segundo trabajo resultaba obvia, en tanto que basándose en sus estudios se podía calcular el aplastamiento polar del elipsoide; así lo hizo más tarde P. Laplace, fijando los valores $\alpha = 1/304,6$ y $1/305,5$.

Hacia el año 1760 todas las medidas de arco se habían terminado, incluidas sus verificaciones, así como el cálculo del aplastamiento terrestre; comparando dos a dos los desarrollos correspondientes. Al mismo tiempo se comprobó el crecimiento irregular de los meridianos, una circunstancia que fue asociada al fenómeno de la desviación de la vertical por los jesuitas Maire y Boscovitch. El hecho incontestable era que los arcos no eran exactamente elípticos, complicándose la cuestión por las interpretaciones contradictorias. Se evidenció así la necesidad de seleccionar los datos disponibles, eligiendo sólo los más fiables. Ese fue el proceder de Leonhard Euler (1707-1783) que dedujo un aplastamiento de $1/23$, cuantificando además los errores cometidos en las diferentes misiones geodésicas.



El gran matemático suizo Leonhard Euler.

Por otra parte, era mayor la incompatibilidad entre el aplastamiento calculado por Newton y también después por Mac Laurin, para un elipsoide homogéneo y el que, para la misma hipótesis, se deducía de la constante de precesión obtenida por J. d'Alembert en 1749, es decir $1/305$, valor que por el contrario sí era compatible con la teoría defendida por Claude Alexis Clairaut (1713-1765). En la producción científica de Clairaut fue crucial su participación en la expedición geodésica de Laponia, ya que las observaciones allí realizadas le fueron fundamentales para publicar la que sería su obra culminante "La théorie de la figure de la Terre tirée des Principes de la Hydrostatique", aparecida en el año 1743, de la que Laplace, poco dado al reconocimiento de sus predecesores, hace la siguiente reseña en su mecánica celeste: La importancia de todos los resultados y la elegancia con que son presentados sitúan esta obra en el grupo de las más bellas producciones matemáticas. Esta obra de Clairaut, con la que se inicia indudablemente la geodesia dinámica, ha venido sirviendo de referencia a la mayoría de los trabajos y observaciones realizados en los doscientos años siguientes, siendo tan sólo superada por los trabajos de Legendre y Laplace.



El geodesta y matemático parisino Alexis Clairaut.

Dado que la gravedad obtenida en Laponia tampoco se correspondía con el valor que habría exigido el elipsoide homogéneo de Newton, se decidió revisar la medida del arco allí efectuada. Acto seguido la Academia de Ciencias sueca realizó el encargo al astrónomo Jöns Nilson Svanberg (1777-1851), quien entre 1801 y 1803 observó una triangulación mucho más densa que la previa de Maupertuis (el doble número de vértices). Ello le permitió comprobar que la amplitud astronómica hallada en el año de tenía un error de $10''$, consiguientemente el desarrollo del arco de Maupertuis pasaba a tener 57196 toesas en lugar de 57438.



El astrónomo y matemático sueco J. N. Svanberg y el monumento a Maupertuis en Torneå.

Ese nuevo valor comparado otra vez con el desarrollo del arco del Virreinato de Perú sí permitía obtener un aplastamiento de $1/320$ acorde con las tesis de Clairaut. Puede decirse que esta expedición y la realizada por Malaspina, diez años antes, ponen el punto final a las misiones científicas del siglo XVIII.

Al comienzo de la última década del siglo XVIII se asiste en la Francia revolucionaria a una iniciativa sin parangón que pretendía lograr un sistema universal de medidas para acabar con la situación caótica por la que se atravesaba. Tras varias propuestas, la Comisión de Pesas y Medidas, creada a tal fin, decidió que la unidad básica de las medidas lineales pasaría a denominarse metro; una magnitud equivalente a la diezmilionésima parte del cuarto de meridiano terrestre. La propuesta de la comisión presidida por Lagrange incluía la inmediata medida de un arco de meridiano comprendido entre Dunquerque y Barcelona con una amplitud próxima a los $9,5$. Los geodestas responsables de su medida fueron Jean Baptiste Delambre (1749 -1822) y

Pierre François André Mechain (1744 -1804). Los trabajos comenzaron a finales de junio de 1792, responsabilizándose Delambre de la parte septentrional y Mechain del segmento más meridional, el cual iniciaría su tarea en España. La triangulación se apoyó sobre dos bases: Melun (6075,90 toesas) y Perpignan (6005,25 toesas), y sobre siete estaciones astronómicas en las que se medía la latitud para estudiar mejor la variación de la curvatura meridiana.



J. B. Pelambre y P. F. A. Mechain, los dos operadores que proyectaron y observaron la triangulación sobre el meridiano de Francia, en cuyos resultados se apoyó la Comisión de Pesas y Medidas para definir el metro.

Los instrumentos de medida fueron concebidos en esta ocasión por Jean Charles de Borda (1733-1799), midiéndose con ellos los ángulos, las bases y la gravedad absoluta; de entre todos ellos caben destacar su famoso círculo repetidor, que ya había sido probado con éxito al enlazar Francia con Inglaterra, y su regla bimetálica. La observación de la cadena triangulada, que constaba de 94 triángulos con algunas diagonales, se continuó a partir de 1795 en el punto en que se había dejado, por el paréntesis obligado de la revolución, ultimándose los trabajos de campo en el año 1798. Los cálculos del desarrollo del meridiano, realizados paralelamente por una comisión en la que estaban integrados miembros de otras naciones, arrojaron los dos resultados siguientes: 551583.765 toesas y 551583.512 toesas. La comisión eligió el valor medio 551583.72 toesas, aunque Delambre propusiera fijarlo en 551584 toesas.



Busto de J. Ch. Borda, uno de los artífices del Sistema Métrico Decimal, y su círculo de reflexión.

La determinación de la latitud, realizada con el círculo repetidor de Borda, se logró tras observar varias estrellas que culminaban prácticamente en el cenit de las estaciones, con la disminución consabida de la refracción. No obstante observaron también las culminaciones de otras estrellas circumpolares, como la Polar, teniendo en cuenta las correcciones necesarias. La orientación de la cadena y su control se logró calculando el acimut astronómico de varios de sus lados en cinco estaciones: Watten, París, Bourges, Carcassonne y Montjuich, evidenciándose al

transmitirlos la calidad de las observaciones. Quedaba pendiente la difícil cuestión del aplastamiento, imprescindible para conocer el desarrollo del cuarto de meridiano y poder definir el metro como su diezmillonésima parte.



Círculo repetidor de Borda.

Para ello se compararon los desarrollos de grado obtenidos: Dunkerque-París (57082,61 toesas), París-Evaux (57069,31 toesas), Evaux-Carcassonne (56978,03 toesas) y Carcassonne-Montjuich (56946,62 toesas), con los previamente conocidos. Finalmente Delambre se decidió por el arco de Bouguer, reducido al nivel del mar, aunque el aplastamiento así calculado ($\alpha = 1/315$) no coincidiera con el que había propuesto antes ($\alpha = 1/308,64$). No obstante la Comisión Internacional, ya mencionada, eligió en función de sus cálculos el valor $\alpha = 1/334$ y definió el metro (1799) como 443.296 líneas; la línea equivalía a 1/864 toesas.



E. Lenoir y otro de los círculos repetidores que construyó de acuerdo con los diseños de Borda. El círculo se encuentra aquí en posición acimutal.

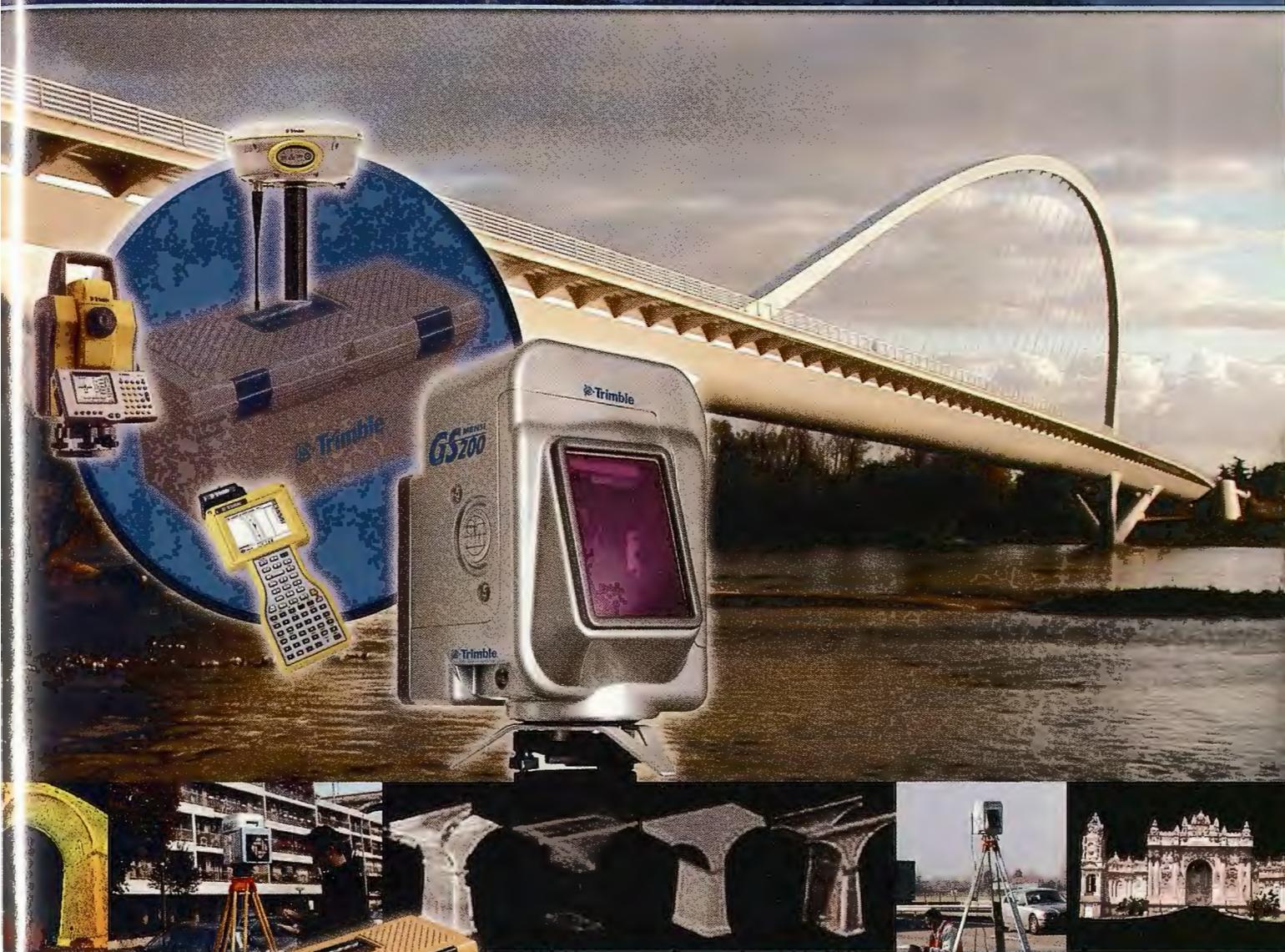
Delambre por su parte siguió insistiendo en su tesis, definiendo el metro como 443,328 líneas, a tenor de su propia fórmula

$$m = 443.9271 - 27,70019\alpha + 378,942\alpha^2.$$

Sin embargo, de acuerdo con el dictamen de la Comisión resultaban 107 metros para el cuarto del meridiano, equivalentes a 5130740 toesas, aunque hoy día se admita que su desarrollo sea de 10001965,7 metros y se comprenda la imposibilidad de conseguir una precisión de 10^{-7} con una incertidumbre de 10 toesas en un arco de 551584. En cualquier caso, a mediados del año 1799, Etienne Lenoir (1744-1832), un afamado constructor de instrumentos científicos

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

MENSI 3D Láser escáners



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

TRIMBLE. SIEMPRE UNA GENERACION POR DELANTE.

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

DISTRIBUIDOR EN ESPAÑA:

S&C
Geo-tecnologías

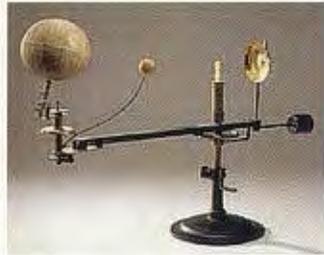
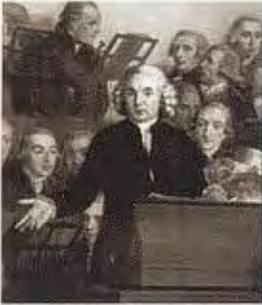
Santiago & Cintra Ibérica, S. A.
Calle José Echegaray, nº 4
P.A.E. Casablanca B5
28100 Alcobendas Madrid (España)
Tel. +34 902 12 08 70 - Fax. +34 902 12 08 71
www.santiaegoecintra.es

© 2004 Trimble Navigation Limited. Reservados todos los derechos. SUR-061-ES

MENSİ
A TRIMBLE COMPANY

Trimble
WWW.TRIMBLE.ES

cos, ya había fabricado los prototipos correspondientes. Los cuales fueron presentados por van Swinden, en nombre de la Comisión, al Consejo de los Quinientos y al de Ancianos, el día 3 de julio de 1799; quedando entonces constituido el Sistema Métrico Decimal, también conocido después como Sistema Métrico. Jan Hendrick van Swinden (1746-1823), uno de los dos representantes holandeses en la Comisión, fue un matemático y físico de reconocido prestigio en su país.



J. H. van Swinden, pronunciando una conferencia en el Museo Histórico de Amsterdam, y el "tellurium" un sistema articulado Tierra- Luna de su invención.

En el último año del siglo XVIII tuvo lugar una medida, realmente singular, que pretendía constatar las claves geodésicas de la gran pirámide de Khufú; la operación fue amparada por la expedición científica que acompañó a las tropas napoleónicas cuando invadieron Egipto. Nada más llegar, el Ingeniero Geógrafo Edme-François Jomard (1777-1862) determinó la equivalencia métrica del estadio griego de 600 pies, cifrándolo en 185 m. Sabiendo que en la antigüedad se creía que la apotema de la pirámide intentaba representar la décima parte del desarrollo del minuto de meridiano, procedió a medirla y halló el valor 184,722 m.



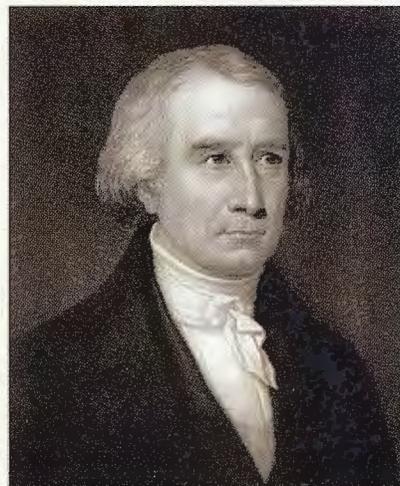
E. F. Jomard y su reproducción del globo de Martin Behaim.



Como comprobación obtuvo el desarrollo de un grado de meridiano a la latitud media de Egipto, llegando a 110827,66 m; que una vez divididos por 600 se transforman en 184,713, un valor muy parecido al que había determinado. E. F. Jomard midió también el lado de la base, resultando 230,9 m, para verificar la creencia de que su perímetro era la mitad del desarrollo del minuto de meridiano. En la misma época estudió la orientación del monumento el astrónomo Nicolas Antoine. Nouet (1740-1811), constatando que tan solo existía una desviación próxima a los 19°58''; si bien Jomard advirtió que el error cometido por los egipcios debió ser sensiblemente menor, por haber calculado el acimut de los lados actuales (fuertemente erosionados) y no el de los primitivos.

El nuevo siglo empieza con la prolongación del meridiano de París hasta llegar a las costas levantinas, cumpliéndose así la tarea iniciada por Méchain. Los operadores fueron

en esta ocasión Jean Baptiste Biot (1774-1862) y Dominique François Jean Arago (1786-1853), que procedieron además a enlazar el litoral con las Islas Baleares, siguiendo a grandes rasgos el proyecto de triangulación que había diseñado su antecesor. En esta operación contaron con el apoyo decidido de José Rodríguez González (1770-1824), un geodesta pontevedrés tan poco conocido como brillante; baste decir que el gran Pelambre se refería a él como el sabio español. Las observaciones siempre difíciles, la visual Camp Vell -Desierto tardó varios meses en poderse materializar, finalizaron en el año 1808 tras cinco años de trabajos no exentos de dificultades. Los resultados obtenidos por una Comisión del "Bureau des Longitudes" fueron sobresalientes, sirviéndole para confirmar el valor adoptado para el metro.



J. B. Biot y D. F. J. Arago, los principales artífices del enlace geodésico de las Islas Baleares con el litoral peninsular. El enlace se perfeccionaría más de sesenta años después por el equipo dirigido por Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, fundador del Instituto Geográfico.

Las mediciones geodésicas de arcos de meridiano y de paralelo continuaron efectuándose durante todo el siglo XIX, a pesar de la prudente recomendación formulada por d'Alembert; el objetivo que se pretendía alcanzar era obtener unos elipsoides locales más ajustados que los previamente definidos, para proceder acto seguido a la representación cartográfica de la zona en cuestión. Al mismo tiempo empezaron a configurarse las diferentes redes geodésicas nacionales, que deberían servir de fundamento a las imágenes territoriales anteriores; tales triangulaciones adoptarían, en su práctica totalidad, la forma de cadenas

triangulares extendidas a lo largo de los meridianos y de paralelos, siguiendo así las pautas marcadas por Picard en su momento. De todas las operaciones anteriores, solo se resumirán algunas de las medidas de meridiano europeas, las de la India y la del gran paralelo norteamericano; por lo que respecta a las redes, únicamente se darán detalles de la levantada en Francia por sus Ingenieros Geógrafos, dado el carácter paradigmático de la misma.

El general William Mudge (1762-1820), midió entre los años 1791 y 1794, el arco de meridiano comprendido entre Dunnose, en la isla de Wight y Clifton, en el Yorkshire, con un resultado de 57066 toesas para el valor de un grado en Inglaterra. Las observaciones astronómicas comenzaron en Dunnose visando 27 estrellas de las constelaciones del Dragón, Cisne, Osas y Hércules; con un sector construido por Jesse Ramsden (1735-1800). La triangulación se observó también con un teodolito fabricado a tal efecto por el mismo constructor; dándole escala las bases previamente establecidas en Hounslow-Heat, Salisbury y Misterton-Carr. Todos los pormenores de dicha operación fueron perfectamente documentados en la publicación titulada "An Account of the Trigonometrical Survey carried in the Years 1791, 1792, 1793 and 1794". Los resultados obtenidos fueron después cuestionados por José Rodríguez en su trabajo del año 1812 "Observations on the measurement of the three degrees of the Meridian, conducted in England by Lieutenant Colonel William Mudge", incluido en las "Transactions Philosophiques" de la "Royal Society" de Londres.



El constructor inglés J. Ramsden y dos de sus teodolitos geodésicos.

El coronel William Lambton (1753-1823) obtuvo, entre 1802 y 1803, un valor de 57037 toesas referido al grado de meridiano de Bengala (Tudandeporum y Pandree). En sus levantamientos geodésicos de la India estableció una triangulación a lo largo de un arco meridional con una amplitud de alrededor de 10°; obteniendo con sus resultados un aplastamiento elipsoidal de 1/310. La operación sería continuada a partir de 1823 por el entonces coronel Sir George Everest (1790-1866) que ya era un geodesta experimentado por sus trabajos en la isla de Java y en la

propia, India desde el año 1818. Así logró medirse un arco de 11(.5 de amplitud desde la cordillera del Himalaya hasta el extremo más meridional de aquella península. En 1830 fue nombrado responsable de todas las observaciones geodésicas de la colonia, adquiriendo a raíz de ello los instrumentos más precisos del momento.



W. Lambton y el gran teodolito con el que observó la triangulación de la India.



Recuérdese que durante los trabajos de la India se identificó el Pico XV como el de mayor altitud de la Tierra, reconociéndose formalmente el hecho en 1852. A partir de 1865 fue cuando el Pico XV pasó a denominarse Everest. Durante la triangulación de la India, justo en las proximidades de la cordillera fue cuando comprobaron los geodestas ingleses que la acción del macizo sobre la vertical era sistemáticamente muy inferior a la que ellos habían calculado en función del relieve. Como es conocido John Henry Pratt (1809-1871) y George Biddell Airy (1801-1892) explicaron el fenómeno al suponer bajo las montañas un déficit de densidad debido a la estructura de la corteza, naciendo así la teoría de la isostasia.



El geodesta Sir George Everest.

Entre los años 1821 y 1823, Carlini y Palma, dos astrónomos italianos, llevaron a cabo la medida del arco de meridiano comprendido entre los extremos siguientes: Andrate y Mondovi, concluyendo que el grado medio debía tener un desarrollo de 57687 toesas. Sin embargo, la medida geodésica que causó más asombro fue la realizada por el alemán Friedrich Georg Wilhelm von Struve (1793-1864), entre 1816 y 1855, contando para ello con la ayuda del general Wrangel. Struve, uno de los más grandes astrónomos del siglo XIX, fue el responsable de la medida del gran arco ruso, un arco de meridiano con una amplitud de 25(20' comprendido entre el Danubio y el Mar Glacial Artico. Para

ello se proyectó y se observó una cadena de 258 triángulos, sin contar con los necesarios para las redes de ampliación de las siete bases establecidas; las cuales fueron medidas con un instrumento construido bajo su dirección y que estaba compuesto por cuatro reglas de hierro forjado con una longitud próxima a los 3.9 metros.



Dos imágenes de Vasili Yakovlevich Struve, el primero de cuatro dinastías de brillantes astrónomos al servicio del Observatorio de Pulkovo.

En el año 1860, comparando la magnitud del desarrollo de su arco con los previamente hallados en otras latitudes, obtuvo Struve su propio elipsoide, cifrando sus parámetros característicos en $\alpha = 1/294.73$ y $\alpha = 6378.2983$ km; previamente había fijado en 57136 toesas el correspondiente a un grado de su meridiano. El referido arco sirvió para estructurar la red geodésica de la antigua URSS que Struve y más tarde Tenner diseñaron de acuerdo con el sistema francés, conformando cuadriláteros con unas dimensiones de alrededor de 200 km y con estaciones de Laplace en cada intersección de cadena, al tiempo que se procuraba enlazar con las redes de los países limítrofes.



El observatorio ruso de Pulkovo en el año 1880 y detalle de una de sus salas.



Las dimensiones del territorio a cubrir hicieron que el número de triángulos de primer orden fuese superior a varios miles. En el año 1860 se publicó en San Petersburgo la obra que resumía el trabajo realizado: "Arc du méridien de 5° 20' entre le Danube et la mer Glaciale mesuré depuis 1816 jusqu'en 1855". La institución de la que dependían todas las competencias geodésicas fue, desde que se empezaron los trabajos, el gran Observatorio de Pulkovo; bajo la responsabilidad del propio Struve, quien había sido nombrado su director por el zar Nicolás I en el año 1817. Poco después que iniciara Struve sus observaciones geodésicas hizo lo propio el mayor genio de los últimos tiempos, es decir Carl Friedrich Gauss (1777-1855); quien dedujo, en el reino de Hannover, que el grado del meridiano comprendido entre Göttingen y Altona tenía un desarrollo de 57127 toesas. Para ello realizó las pertinentes observaciones de las cadenas triangulares que previamente había proyectado, compensándolas después por el método de los mínimos cuadrados que él mismo ideó; la misma compensación que hizo años atrás con ocasión de la triangulación que observó en los alrededores de Brunswick, su ciudad natal, entre los años 1803 y 1807. En las cadenas citadas efectuó además una nivelación trigonométrica, calculando el coeficiente de refracción como promedio de 28 observaciones; su valor lo hizo público, en Hannover, durante el mes de Enero de 1823 ($K=0.1306$). Los cálculos anteriores aparecerían después en su publicación "Berliner astronomisches Jahrbuch für 1826".



Heliotropeo de Carl Friedrich Gauss.

DIRECCIONES DE INTERÉS

ApliCAD

Aplicaciones de CAD, CAM y GIS

www.aplicad.com
gis@aplicad.com

Valencia: Ronda Narciso Monturiol, 6 - Parque Tecnológico - Tel. 963134035
Castellón: C/ M^o Teresa González 26 Entlo. Tel. 964724870

Autodesk

Authorized System Center

- Distribución, formación, soporte técnico y programación a 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

Passeig Pere III 19 08240 MANRESA Tel 93 872 42 00



indai

CONSULTORÍA ESTRATÉGICA Y COMUNICACIÓN

Si quiere para su organización respuestas rápidas, creativas y de valor añadido, llámenos.

Nosotros somos "otra cosa"

Tel: 902 445 045 / 607 525 525

*Una marca es como una semilla:
plantada en un buen terreno,
crecerá fuerte y dará frutos.*

www.indai.es



LA COLUMNA DEL MANAGEMENT

Por Ana Sánchez Marcos

Consultora de Indai
Estrategia y Comunicación

La persona como Arte

"¿Sabes que esas chorradas que pones en marcha con las personas, funcionan?" me comentaba un amigo hace escasas semanas, después de comprobar durante algunos meses el giro que lentamente iba dando su organización.

El culto a los resultados y a los beneficios impide reconocer la eficacia de las relaciones interpersonales. Se necesitan años de *insistencia*, no solo para demostrar la rentabilidad, sino para convencer de que la gran fuente de riqueza radica en las personas.

Cuando produces Calidad, obtienes cantidad, cuando se persigue prioritariamente cantidad, baja la Calidad.

Cuando en una empresa exiges y presionas continuamente para obtener resultados a corto plazo, y los consigues a base de tensión y miedo, solo produces desajustes y fallos (es como un coche al que se pisa el acelerador a tope, continuamente). Si en vez de exigir lo que nos interesa de los demás en cada momento, **fijamos metas de común acuerdo** y dejamos que el conductor gradúe su velocidad en función de las curvas y las rectas, aunque cometa fallos va aprendiendo por sí mismo: **por orgullo propio, por necesidad de éxito, por necesidad de subsistencia.**

Tener la inteligente generosidad de conceder intereses individuales en primera instancia, conduce a conseguir intereses comunes cada vez mucho mayores a continuación.

Si no confiamos en la persona, solemos partir de la base de que es alguien a quien hay que obligar a trabajar, no le interesa crecer, no quiere participar. Pues bien, toda persona que no quiere trabajar, crecer o participar, tiene unos motivos, es por algo. Cuando identificamos ese algo, viene el Triunfo.

El problema está en nosotros. Si nuestra postura de partida en la relación, no incluye los intereses de la otra persona, poco vamos a conseguir. Normalmente pretendemos que los demás hagan lo que nosotros queremos, como nosotros queremos y con nuestros parámetros. Ahí radica el fallo. Estamos prescindiendo de su participación como personas y por eso no responden.

Disfrutar dedicando tiempo a la gente, dirigir desde la cercanía que tanto nos asusta por pura ignorancia, y saber crecer en base a la proximidad de lo humano.

De esa forma transformaremos la economía: pasando del control a la observación de intangibles (comportamientos), de la cuantificación a la creatividad y a la innovación; en otras palabras: **Aprendiendo a contemplar a la Persona como Arte y a confiar en ella.**

LIDAR

LIDAR (LIght Detection And Ranging) es un sistema de medición que captura directamente la información altimétrica del terreno además de la información de intensidad retornada para diversos ecos de la señal.

El sistema está basado en la medida de distancias láser e intensidad recogidas en vuelo siguiendo pasadas, a su vez está asistido por un sistema GPS e Inercial (IMU) para la determinación de la posición y orientación del sensor a lo largo de su trayectoria.

Stereocarto trabaja con el sensor ALS50-II de Leica. Sus principales características son:

- Emite pulsos láser a una frecuencia de 150 kHz (150.000 puntos por segundo). Ello supone una alta productividad llegando a alcanzar densidades de 15 puntos / m² con una precisión de 11 cm en altimetría.
- Puede operar entre 200m y 6000m de altura.
- Puede alcanzar una frecuencia de barrido de 90 Hz (90 líneas por segundo).
- Mantiene su ángulo de visión de campo variable entre 10° y 75°

Con los datos LIDAR se pueden generar con rapidez precisos modelos digitales del terreno (DTM) y modelos digitales de superficie (DSM), los cuales tienen aplicaciones en hidrología, líneas eléctricas, monitoreo de costas, canteras, modelos 3D de ciudades, aplicaciones forestales y seguimiento de desastres.



Vista isométrica de un Modelo Digital de Superficies de una zona abancalada en barrancos de Granada.



Arriba: Modelo de superficie. Abajo: Representación con curvas de nivel. Cortesía de Leica.

CÁMARA DIGITAL

Stereocarto trabaja con la cámara DMC del fabricante Zeiss-Intergraph. Se trata de un sistema de captura de imágenes fotogramétricas digitales de forma directa con alta resolución y alta precisión. Es de tipo matricial y sus principales características son:

Sus aplicaciones se encuentran en la producción de cartografía digital, fotogrametría digital: ortofoto y ortofoto verdadera ("True Ortho"), reconocimiento del territorio y fotointerpretación, estudios ambientales, agronómicos y forestales, combinación con otros sensores como LIDAR.

Formato de imagen	13824x7680 píxeles
Tamaño de CCD	12 micras
Distancia focal	120 mm
Sistema GPS/INS	Integrado en el sistema
Resolución radiométrica	12-bit / Canal
Canales espectrales	Pancromático, Rojo, Azul, Verde, IR Cercano
Almacenamiento en vuelo	2200 imágenes

Sus ventajas son numerosas:

- No necesita película, laboratorio, ni escáner digitalizador. No tendremos ruido, ni artefactos en las imágenes.
- Podemos disponer de la orientación directa de las imágenes. Además, su orientación interna es fija.
- Mejor radiometría, 12 bit frente a los 8 de las imágenes escaneadas.
- 3 tipos de imagen capturados simultáneamente: B/N - Color - Infrarrojo.
- Todo ello supone una disminución de los procesos y de los plazos, aumentando la calidad y precisión.

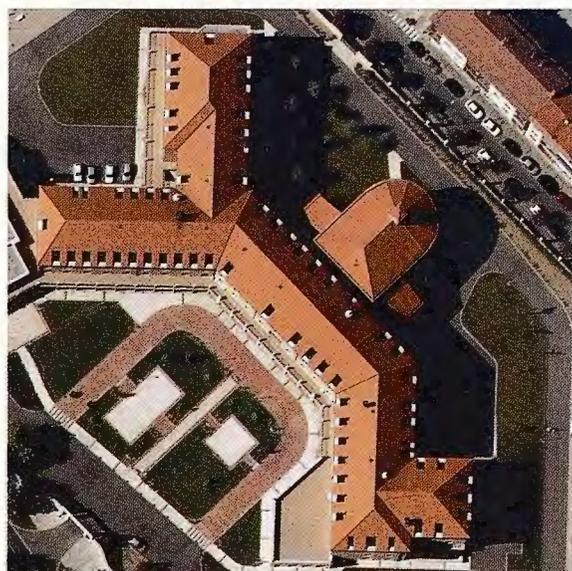


Imagen color, zona de Segovia a 10 cm tamaño de píxel

Kosmo

Es un Sistema de Información Geográfica basado en software libre. Se trata de una herramienta capaz de visualizar

y procesar datos espaciales caracterizándose por poseer una interfaz de usuario amigable. Puede acceder a múltiples formatos de datos vectoriales, raster y bases de datos espaciales con capacidad de edición. Además, tiene numerosas utilidades orientadas a usuarios SIG de nivel medio o avanzado. Una potente herramienta al alcance de cualquiera, puede descargarlo gratuitamente de <http://www.saig.es/>



Imagen panorámica, color e infrarroja capturada simultáneamente. Zona de Villalba a 8 cm de píxel.

Kosmo es desarrollado por la empresa SAIG y Stereocarto participa activamente en este proyecto.

Sus funcionalidades más destacables son:

- Gestor de proyectos
- Múltiples vistas y plantillas de impresión
- Editor de simbología avanzada. Mucho más que representación visual, ya que permite distintas reglas de simbología según diversos criterios como la escala cartográfica o cualquier otra selección de atributos alfanuméricos y geométricos.
- Puede leer, modificar y exportar diversos los principales formatos vectoriales, además de interactuar con otras fuentes de información externas a través de Internet (servidores WMS)
- Posee controles topológicos y avanzadas herramientas de geoprocésamiento.
- Su modularidad hace que sus capacidades se puedan adaptar a las necesidades de cualquier usuario.



Combinación de datos de intensidad Lidar con cartografía del Catastro conectándose a su servidor WMS



Vista de un proyecto combinando distintas capas y distintos formatos de información.



Edición de bases de datos



Alquiler-Ventilador-Servicio Técnico-Certificación ENAC - Gabinete Topográfico - Aplicaciones Informáticas - Estación Referencial G.P.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



ANÁLISIS DEL ESTADO PARCELARIO PARA LA PLANIFICACIÓN DE MICROREFORESTACIÓN CON ESPECIES AUTÓCTONAS DEL BOSQUE DE NIEBLA EN LA COMUNIDAD DE ALTO PERÚ (REPÚBLICA DEL ECUADOR).

Francisco Manzano Agugliaro. Dr. Ingeniero Agrónomo. Prof. Titular de Universidad. Dpto. Ingeniería Rural. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. España.

Xavier-Bolívar Lastra. Ingeniero Agropecuario. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.

Marco Luna. Ingeniero Geográfico. Profesor de Topografía. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el proceso de deforestación es un fenómeno complejo de analizar debido a la multiplicidad de factores que la explican. Entre ellos se puede citar los asentamientos agrícolas (alrededor del 60% de la superficie talada cada año), la demanda de madera para uso generalizado de la población y la falta de planificación en la ejecución de obras de infraestructura (petróleo, electricidad, caminos, etc.). La deforestación puede contribuir al crecimiento económico a corto plazo y a un fugaz alivio de la pobreza, pero con frecuencia a costa de otros objetivos ambientales y sociales importantes de valorar. Algunos de los costos ambientales afectan al país y otros a la comunidad internacional, por lo que deben ser considerados apropiadamente en la toma de decisiones actuales (Barrantes et al., 2001). El desarrollo forestal comunitario apunta a la satisfacción de las necesidades materiales y no materiales de la comunidad a partir de las actividades forestales productivas, la conservación de plantas y animales, el manejo social de los suelos y aguas, así como al rescate y preservación de valores culturales asociados a los bosques (Kenny-Jordan et al., 1999). Si duda este proceso debe ser endógeno y realizado por las propias comunidades rurales, luego es un proceso que debe realizarse a pequeña escala, pudiéndose hablar de micro reforestación dada la pequeña extensión a la que afecta, pero si el proceso se extiende puede ser de vital importancia para el conjunto de la sociedad donde se lleve a cabo.

Para llevar a cabo este desarrollo forestal comunitario es necesario realizar una planificación que garantice el éxito a medio y largo plazo, para ello es imprescindible disponer de una base cartográfica adecuada de la zona objeto de estudio. Hasta el momento, el Ecuador no dispone de un sólido sistema que norme la elaboración del catastro rural, por lo cual su aplicación resulta muchas veces desordenada y carente de precisión por la forma de intervención subjetiva de quienes aplican el sistema vigente de la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros (DINAC) (Vaca y Ochoa, 2002).

Las causas de la falta de homogeneidad del catastro de Ecuador son múltiples: se trata de un catastro eminente-

mente fiscal en el que abunda ocultación de superficies, valor, titularidades, etc., y, por tal motivo, las garantías tributarias son escasas. No sólo existen múltiples predios sin catastrar, sino que los que lo están no ofrecen ningún tipo de garantías a sus previsible titulares catastrales. En su mayor parte no figuran las superficies, los valores catastrales se alejan de forma desigual de la realidad, limitándose los sujetos pasivos que figuran en los listados a abonar su deuda municipal sin conocer el predio o los predios por los que pagan ni tener garantías de su titularidad. En este marco no es de extrañar que el monto total de ingresos procedentes por este impuesto sea reducido e inversamente proporcional al fraude fiscal. Los predios rústicos figuran con superficies de 0,0000 ha, sin ninguna identificación que permita su localización espacial, no ya identificarlos con precisión, algo totalmente alejado de las posibilidades actuales. Las propiedades que figuran en el Catastro rural se identifican por su nombre y superficie, si se anota, sin que haya sido en ningún caso medida ni comprobada; simplemente se incluye como un elemento de información añadido (Alcázar, 2001).

En teoría para la base del catastro rural de Ecuador cuenta con cartografía a escala 1: 50.000 (I.G.M), que corresponde a, por lo menos, 20 años atrás, lo que constituye una herramienta desactualizada. Para la zonificación de la cartografía se establecen zonas de influencia según la capacidad de producir (clase de tierra predominante), destino económico y obras de infraestructura, esta zonificación debe tener coherencia y reflejar el precio de la tierra (Vaca y Ochoa, 2002). Pero la historia y evolución del Catastro de Ecuador refleja sobre todo una mayor importancia de lo urbano frente a lo rural, uno de los principales problemas es que existen diferentes procedimientos o metodologías catastrales, lo cual produce que virtualmente cada municipalidad disponga o pueda disponer en materia catastral de sus propios y particulares procedimientos de ejecución y mantenimiento, lo que provoca una falta de homogeneidad en materia catastral (López Chávez, 2005)

El presente estudio se desarrolló en la comunidad de Alto Perú, población de bajos recursos económicos dedicada principalmente a la ganadería y a la agricultura. En la ac-

tualidad, la comunidad carece de agua para consumo humano o de riego, agravada la situación por la eliminación paulatina del bosque ripario existente, con la desaparición de la cuenca del río Minashuayco. Se ubica geográficamente en la parroquia de Nono, cantón Quito, provincia de Pichincha, véase figura 1. Geográficamente se ubica entre $0^{\circ} 5' 48''$ y $0^{\circ} 5' 22''$ de latitud sur; y $78^{\circ} 33' 23''$ y $78^{\circ} 32' 51''$ de longitud occidental (IGM, 1979), con una altitud comprendida entre 3.100 y 3.350 m sobre el nivel del mar. Los parámetros climáticos más destacables son: una precipitación anual de 1.000 mm, una humedad relativa promedio de 70% y una temperatura promedio de 10.5°C con altas variaciones durante el día (INAMHI, 1996). Se encuentra dentro del tipo bosque andino o bosque de niebla, véase figura 2, debajo de la zona de páramo (Hofstede et al., 1998). Pourrut et al. citados por Hofstede et al. (1998) indican que la zona de Alto Perú, posee un clima frío ecuatorial con un régimen de precipitación ecuatorial del hemisferio sur, lo que significa que presenta dos picos de precipitación (uno de febrero hasta mayo y el segundo en octubre hasta diciembre), provocados por el movimiento del CIT (zona de convergencia intertropical) sobre el país. La principal estación seca se presenta desde junio hasta agosto. El segundo periodo menos lluvioso se presenta a fines de diciembre a enero (veranillo del Niño).



Figura 1. Ubicación geográfica de la Comunidad de Alto Perú, Quito, Ecuador.



Figura 2. Bosque de Niebla, característico de la zona donde se asienta la comunidad de Alto Perú, Quito, Ecuador; Foto tomada a las 3 de la tarde.

Además al estar esta comunidad ubicada en la cuenca del río Minashuayco, el cual es alimentado por la quebrada El Lirio, hace que la orografía de esta zona sea muy irregular, con pendientes muy pronunciadas, que limitan la aptitud del terreno para actividades agrícolas y forestales. Los terrenos son utilizados actualmente en actividades agrícolas y ganaderas, distinguiéndose para la venta: los cultivos de papas y habas y ganadería de leche, mientras que para autoconsumo se tienen: hortalizas, mellocos y ocas. Aunque de esta actividad agropecuaria se destaca que los parámetros productivos son muy bajos en comparación con las medias nacionales debido principalmente a la inadecuada aptitud agropecuaria de la zona, acrecentado por la falta de agua de riego para cultivos y pastizales así como un bajo nivel genético y tecnológico de los distintos tipos de producción. Solamente una pequeña parte se mantiene como remanentes boscosos de lo que alguna vez fue un bosque de niebla eliminado por las actividades agropecuarias, véase figura 3, donde se observa el aspecto de los predios y las fuertes pendientes existentes.

En la comunidad los datos de superficie de los distintos predios o parcelas proceden de una tradición oral, empleándose esta incluso para las transacciones de compra venta, no teniéndose constancia de mediciones topográficas, por tanto suponemos que pueden proceder de mediciones realizadas por métodos tradicionales expeditos como mediciones con cuerdas o cintas métricas de parcelas «midiendo» probablemente perímetros sin tener en cuenta distancias reducidas ni superficies agrarias, además como no se dispone de un catastro que refleje la realidad parcelaria no se puede comprobar sin realizar un levantamiento topográfico la superficie de las parcelas, y por tanto no se puede elaborar de un plan de reforestación con especies forestales nativas (Flores et al., 1994) como: aliso, arrayán, tilo, guanto, nogal, chinchín, acacia o sachá capulí.



Figura 3. Imagen del estado parcelario de la Comunidad de Alto Perú, Nono, Quito, Ecuador.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es comprobar el estado parcelario real, mediante un levantamiento topográfico comparándolo con la tradición oral que existe del mismo, y estudiar las posibles causas de error, para que de este modo se pueda extrapolar el problema y las soluciones a situaciones donde las condiciones geográficas sean parecidas dentro de las comunidades rurales de Ecuador. Para ello planteamos los siguientes objetivos específicos:

- Obtener las medidas reales de superficie, perímetro y pendiente por medio de un levantamiento topográfico en la comunidad de Alto Perú, Quito, Ecuador.
- Analizar las desviaciones de superficies y perímetros medidos respecto de las estimadas por los productores procedentes de la tradición oral.
- Estudiar las posibles causas de error en las superficies de las parcelas en función de parámetros geométricos como superficie, perímetro, pendiente, etc.
- Plantear una reforestación, con especies nativas, adecuada al tamaño de parcela y proponer un reordenamiento productivo para el correcto desarrollo local de la comunidad.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para obtener la información de partida, se realizaron encuestas con los productores de la comunidad con la finalidad de conocer las condiciones del sector y su estimación de la superficie de sus predios. Posteriormente, para determinar las áreas susceptibles a reforestación se realizó un levantamiento topográfico mediante un teodolito Wild T2 y para georreferenciar el levantamiento se empleó un GPS Magellan, en la figura 4 se puede ver el momento de la toma de datos con el material mencionado. El levantamiento topográfico se hizo con Topografía clásica y teodolito convencional, mediante el método de itinerario con puntos de radiación, se recopilaban datos del hilo superior, central e inferior, y los ángulos horizontal y vertical de cada punto. Los puntos fueron seleccionados conforme la topografía y accidentes del predio, así como también por la presencia de linderos, construcciones u otro elemento relevante.



Figura 4. Teodolito Wild T2 y GPS Magellan utilizado en el levantamiento topográfico.

En las primeras estaciones se tomaron las coordenadas con el GPS para georreferenciar y orientar el trabajo, mientras que para el cálculo de Zestación se empleó un altímetro digital marca SUNTTO con precisión ± 1 m; debido a que la precisión en altitud del GPS empleado era muy baja ya que la observación era en modo absoluto y con una pobre configuración de los satélites dado lo accidentado de la zona, se estimó a priori que pudiera estar comprendida en un rango de ± 10 a ± 15 m.

En la figura 5, se muestra el proceso metodológico seguido en este trabajo, donde una vez obtenida la superficie real procedente del levantamiento topográfico, se procederá a determinar los parámetros físicos de las parcelas que puedan influir en el error superficial existente, como son: el desnivel, pendiente, perímetro y superficie, de este modo se puede proceder a estudiar las posibles causas de error. Además con las superficies reales se puede proceder a plantear la reforestación con especies autóctonas del bosque de niebla.



Figura 5. Representación del levantamiento topográfico.

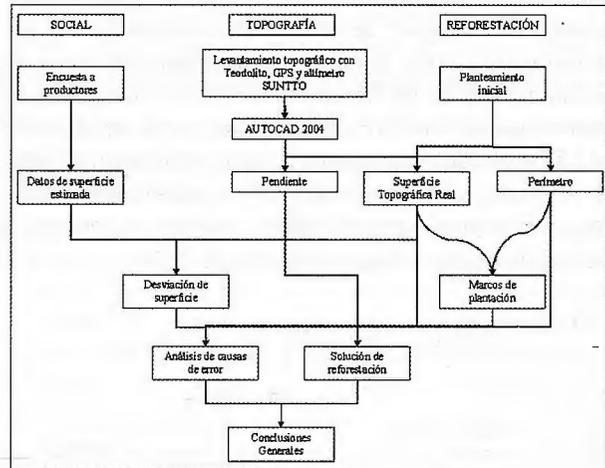


Figura 6. Esquema metodológico del trabajo.

4. RESULTADOS

La ubicación geográfica se expresó en coordenadas U.T.M. basado en el datum PSAD 56, transformando de WGS84 a PSAD56 (Provisional South American Datum 1956) según los siete parámetros de Molodensky calculados por Mugnier en 1999. Hay que recordar que el datum PSAD 56, emplea el elipsoide internacional de 1924, con punto de tangencia con el Geoide en La Canoa (Venezuela), y que para el Ecuador se toma como punto origen de altitudes o datum local vertical, la superficie del nivel medio del mar en la Estación mareográfica de La Libertad, Provincia del Guayas, Republica de Ecuador (Ruano 2006).

En la primera estación del trabajo se obtuvieron coordenadas $0^{\circ} 5' 47''$ de latitud sur y $78^{\circ} 32' 52''$ longitud occidental, En el datum PSAD 56, esto equivale en coordenadas UTM que corresponden en el huso 17 a: Xestación= 772.954 m y Yestación= 9.989.344,5 m, recuérdese que las coordenadas UTM en el hemisferio Sur tienen el origen de coordenadas en $X_0= 500.000$ m e $Y_0= 10.000.000$ m.

Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico ya en UTM se representó el mapa en el programa AUTOCAD (2004) de acuerdo a las Normas establecidas por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, a escala 1:1.500, véase figura 5. Estableciendo superficies reales, perímetros y desniveles de cada una de las fincas o predios a reforestar de la comunidad de Alto Perú. Consta de un cuadro de áreas de la comunidad de Alto Perú, ubicación espacial con respecto a la población más cercana

SOLUCIONES INTEGRALES

TOPOGRAFÍA



CARTOGRAFÍA
DIGITAL



ORTOFOTO



TELEDETECCIÓN



toposat, s.a.

(Nono) y

Las curvas de nivel dibujadas muestran las características topográficas de la zona y demuestran que posee una aptitud forestal. Se incluye también las principales infraestructuras presentes en la zona como son casas, postes, vía principal y secundaria, y los ríos Minashuayco y El Lirio, así este levantamiento podrá servir también al planeamiento de la infraestructura de la zona.

Los resultados de las encuestas y los parámetros físicos de las parcelas procedentes del levantamiento topográfico (superficie, perímetro, pendiente máxima, desnivel máximo) de la comunidad de Alto Perú se pueden observar en la tabla 1. Donde además se realizó el cálculo de la desviación absoluta y porcentual, desnivel de la finca y pendiente máxima. La columna de perímetro estimado es el resultado de calcular la relación entre el perímetro real con la superficie real para aplicarlo a la superficie estimada, esto se ha realizado porque la reforestación a veces afecta sólo a los linderos de las parcelas, a modo de cercas vivas, que darán alimento al ganado y combustible a medio largo plazo.

El levantamiento topográfico de la zona determinó en 28,412 ha la extensión total de los 22 predios de la comunidad de Alto Perú, con una media de 1,291 ha con un rango entre 7,858 ha de máximo y 0,07 ha. de superficie mínima. Por la disposición del relieve se encontró un pendiente máxima media del orden del 36,26%, oscilando entre el 65 y el 12 %; siendo los desniveles muy heterogéneos puesto que hay fincas con sólo 7 o 9 metros de desnivel mientras que otras presentan más de 120 metros de desnivel dentro de la misma parcela.

Productor	Superficie Topográfica Medida (ha)	Superficie Estimada por los propietarios (ha)	Desviación Absoluta (ha)	Desviación Porcentual (%)	Desnivel de la finca (m)	Pendiente Máxima (%)	Perímetro Real (m)	Perímetro Estimado (m)
1	0,930	1,500	-0,570	-61,29	32,17	42,40	612,62	
2	0,473	0,500	-0,027	-5,71	50,65	55,89	293,81	
3	3,034	3,500	-0,466	-15,36	69,85	26,51	744,73	1091,78
4	2,488	3,000	-0,512	-20,58	121,41	65,06	620,80	938,65
5	0,325	0,500	-0,175	-53,85	9,37	12,62	238,14	
6	0,928	1,000	-0,072	-7,76	35,58	20,27	503,90	540,18
7	0,283	0,250	+0,033	+11,66	35,39	33,36	282,06	
8	0,680	1,000	-0,320	-47,06	92,03	63,64	388,51	
9	0,205	0,250	-0,045	-21,95	19,50	19,53	227,50	
10	0,479	0,500	-0,021	-4,38	30,12	26,13	402,55	
11	0,697	0,750	-0,053	-7,60	53,10	49,91	355,50	
12	7,858	12,000	-4,142	-52,71	125,84	33,46	2022,85	
13	0,500	0,500	0,000	0,00	20,25	49,58	351,11	
14	0,578	1,000	-0,422	-73,01	31,25	37,06	310,05	
15	0,337	0,500	-0,163	-48,37	34,02	33,27	277,86	323,15
16	1,371	1,500	-0,129	-9,41	111,18	54,85	528,94	597,17
17	0,226	0,500	-0,274	-121,24	13,95	27,50	267,95	341,37
18	3,559	3,500	+0,059	+1,66	120,00	36,72	854,61	905,03
19	0,277	0,500	-0,223	-80,51	14,12	23,55	230,71	
20	1,758	2,500	-0,742	-42,21	94,83	37,51	691,08	
21	0,070	0,100	-0,030	-42,86	7,00	14,41	120,36	
22	1,356	1,500	-0,144	-10,62	69,00	34,56	585,59	

Tabla 1. Resultados y parámetros geométricos.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se observa que el 90 % de las parcelas tienen menos superficie de lo que se cree por tradición oral, siendo esta variación muy heterogénea con una media del 32 % de variación de cabida, oscilando del 0 al 121 %. En resumen de las 36,85 ha que se estimaba que había sólo existen realmente 28,412 ha, este es un dato que sin duda afecta al planeamiento de la reforestación pues puede hacer variar la densidad de plantas y marcos de plantación hasta el punto de hacer fracasar la reforestación a medio plazo al tener una densidad de plantas muy superior a la óptima, y que además esta circunstancia haga perder la fe en este tipo de soluciones de reforestación.

Para el análisis de los errores de superficie en función de los parámetros geométricos muestra que el tamaño de parcela y el perímetro son los dos únicos parámetros que indican una cierta relación con el error en superficie, en las figuras 7 y 8 se muestran las representaciones del error superficial, en valor absoluto, en función de estos parámetros así como la tendencia y el coeficiente de correlación entre ambas variables, que en ambos casos no es demasiado alto, y no se puede decir que exista un tipo de error sistemático en la determinación de la superficie. Por otro lado si calculamos un factor de proporcionalidad, cociente entre la superficie real entre la superficie estimada por encuesta, se observa que también es muy heterogéneo con una media del 0,76 oscilando entre el 0,45 y el 0,96. Los otros parámetros geométricos, desnivel y pendiente no presentan ninguna correlación con la variable del error superficial y por tanto entendemos que el error superficial no es consecuencia directa de lo accidentado del terreno, por ejemplo como haber empleado distancias naturales en vez de reducidas para el cálculo de superficies agrarias.

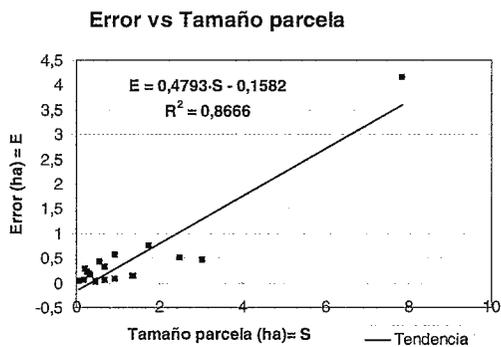


Figura 7. Representación del error en superficie frente al tamaño de parcela.

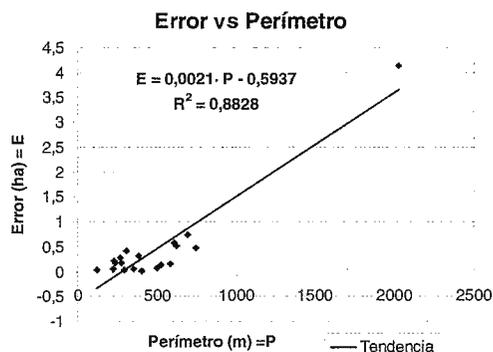


Figura 8. Representación del error en superficie frente al perímetro de la parcela.

Tritón

SOFTWARE AVANZADO

TRITÓN es un software topográfico de última generación de Grupo INLAND, concebido para dar respuesta a las necesidades de un usuario exigente, al que tan bien conocemos por nuestra dilatada experiencia en el sector.

Es una aplicación desarrollada para funcionar en entornos Windows (tanto en PC's como en colectores de datos). Su equilibrada combinación de herramientas gráficas de gran velocidad y cuadros de diálogo completamente en castellano, materializa un entorno de trabajo intuitivo y eficaz, que la convierte en una herramienta imprescindible en los más exigentes ambientes de trabajo actuales.

Su capacidad para manejar Estaciones Totales convencionales, Robotizadas y receptores GPS en un entorno común, unido a su elasticidad en el levantamiento y a su versatilidad en el replanteo de modelos, secciones y taludes, multiplican la productividad de cada hora en campo.

Su gran capacidad de intercambio con la mayoría de los programas de diseño, obra civil y edificación, facilita las labores de oficina, convirtiendo las operaciones de captura de proyectos y de sus modificaciones en un sencillo proceso.

Tres ventajas competitivas:

1. GESTIÓN GRÁFICA DE ÚLTIMA GENERACIÓN

Gran velocidad en la manipulación de líneas y polilíneas 2D/3D, DXF's, SHP's, MDT's y funciones COGO gráficas integradas.

2. LEVANTAMIENTO/REPLANTEO DE OBRAS SIN COMPETENCIA

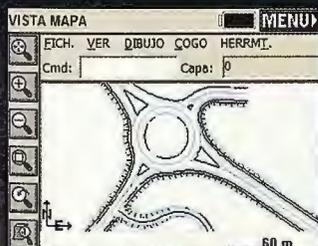
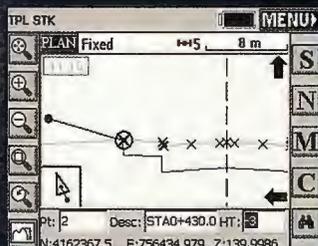
Funciones de levantamiento tradicional, automático (por tiempo/distancia/auto-uniión por códigos), de puntos excéntricos e inaccesibles.

Funciones de replanteo de MDT's, retículas regulares/irregulares, secciones transversales y Replanteo Avanzado de Taludes.

3. GRAN CONECTIVIDAD CON PROGRAMAS Y EQUIPOS

Importación/exportación directa de definiciones ASCII, Coice, Clip, Geopack, IGRDS, InRoads, ISPOL, LandXML, Leica, MOSS, TDS, TM/GEOD, SDR.

Manejo de Estaciones Totales Convencionales, Robotizadas y Receptores GPS (RTK, DGPS, PP).



grupo  land
www.inland.es

AVDA. DE LA INDUSTRIA, 35
280760 TRES CANTOS - MADRID
TEL: 902 103 930
e-mail: info@inland.es

Consiga una integración completa y eficiente de sus herramientas de campo y sus herramientas de oficina.

Las diferencias encontradas en los datos obtenidos por encuestas y la medición topográfica tienen su origen en que la mayoría de escrituras presentan únicamente dimensiones laterales, en la mayoría de casos las mediciones se realizaron a través de cuerdas por medio de los linderos para obtener distancias aproximadas de los límites de las propiedades y el área en consecuencia se calculó inadecuadamente, y no se puede decir que exista un error sistemático. Además la baja formación académica de la población han permitido que se mantenga un sistema de compra y venta de propiedades en base a áreas no reales, pero asumidas por la población, y dada la ausencia de un catastro adecuado por parte de las autoridades pertinentes, esta situación se ha mantenido a lo largo del tiempo.

Dentro del proyecto de reforestación se estableció el sistema de cercas vivas con un marco de plantación de 4 m entre plantas; en total se transplantaron 709 plantas en 2.970 m de cercas vivas. Tomando en cuenta el error promedio de 33,6 % en el perímetro, se habría calculado un total de 947 plantas a ser transplantadas, lo que habría ocasionado el desperdicio de las plántulas en exceso o reducido el marco de plantación en detrimento del normal crecimiento de los árboles, por tanto las superficies topográficas reales y los perímetros de los predios permitieron establecer los marcos de plantación de los sistemas forestales utilizados dentro del proyecto de microrreforestación.

6. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos y del análisis de estos, podemos concluir que:

1° Los errores superficiales en los predios rústicos de la comunidad de Alto Perú de Ecuador, no son función de ningún parámetro geométrico específico, y que los errores

son muy elevados y en el 90 % de los casos falta superficie, tanto que pueden hacer peligrar un proyecto de microrreforestación si no se realiza un levantamiento topográfico.

2° Las metodologías topográficas clásicas siguen estando vigentes y solucionando problemas en zonas de desarrollo, donde no existen proyectos gubernamentales ni privados desde la reforma agraria de la década de los años 60, que ayuden a solucionar los problemas de tierras ni a actualizar los catastros existentes, que suelen ser de tipo literal, es decir sin base gráfica.

3° Para la realización de proyectos de desarrollo es necesario plantear previamente la realización de un catastro con base cartográfica adecuada al pequeño tamaño de parcela, menor de una hectárea, donde se encuentra el mayor porcentaje de parcelas, como esto plantea un catastro a escala 1:2.500, y sería claramente muy costoso, planteamos que se podría aportar al catastro una base gráfica aunque sea a modo de avance catastral.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alicizar, M. 2001. El catastro rural en Ecuador (en línea). Jaén, ES: Consultado 24 abr. 2006. Disponible en: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=57
- Barantes, G. Chavez, H. Vinuesa, M. 2001. El Bosque en el Ecuador - Una visión transformadora para el desarrollo y la conservación. Quito: COMAFORS (Corporación de manejo forestal sustentable), 45p.
- Flores, G. Padilla, S. Stegeman, G. Arias, E. Peltonen J. 1994. Manual del extensionista forestal andino. Quito. Proyecto Regional FAO - Holanda, Desarrollo forestal participativo en los Andes. 160p.
- Hofstede, R. Lips, J. Jongsma, W. 1998. Geografía, Ecología y Forestación de la sierra alta del Ecuador. Quito. Abya - Yala. 242p.
- IGM (Instituto Geográfico Militar). 1979. Cotacollao. 2 ed. Quito. IGM. Esc. 1:25 000. Color. (J 822).
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 1995a. Anuario Meteorológico 1990, N° 30. Quito.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 1995b. Anuario Meteorológico 1991, N° 31. Quito.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 1995c. Anuario Meteorológico 1992, N° 32. Quito.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 1995d. Anuario Meteorológico 1993, N° 33. Quito.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 1996. Anuario Meteorológico 1994, N° 34. Quito.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 2000. Anuario Meteorológico 1996, N° 36. Quito.
- Kenny-Jordan, C. Herz, C. Añazo, M. Andrade, M. 1999. Construyendo cambios: Desarrollo forestal comunitario en los Andes: Una propuesta de manejo participativo de los recursos naturales renovables para el nuevo milenio. Quito. FAO.
- López Chávez, J.R. 2005. «Historia y Evolución del Catastro en el Ecuador». Consultado 28 abr. Disponible en: <http://www.catastrolatino.org/>
- Mugnier, C. 1999. The Republic of Ecuador (Grids & Datums Column). Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. V 65, no 5: 542-543.
- Ruano, M. s.f. Cambio en el Ecuador del sistema referencial geodésico PSAD-56 al WGS-84 (en línea). Quito, EC. Consultado 28 abr. 2006. Disponible en: <http://www.igm.gov.ec/articulos/articulo1.htm>
- Yaca, P. Ochoa, P. 2002. Catastro rural en el Ecuador, análisis y propuestas para optimizar su proceso de aplicación. Cuenca, Ec. Universidad del Azuay. 16p.

La Tienda Verde

LIBRERÍA ESPECIALIZADA

CARTOGRAFÍA

LIBROS Y GUÍAS DE MONTAÑA, NATURALEZA Y VIAJES

DISTRIBUIDORA DE CARTOGRAFÍA 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
e-mail: info@tiendaverde.org

entregar lo mejor de uno mismo



Ponemos a su alcance toda una línea de productos resistentes, probados en campo, soluciones ideales con el soporte adecuado: desde los clásicos aparatos topográficos a las más sofisticadas estaciones, sistemas de Medida Industrial, Giróscopos, software para controladoras y de gabinete, y los nuevos sistemas de Laser Scanner.

- Construcción
- Topografía
- Control de Maquinaria
- Agricultura
- GIS

Topografía



La fuerza de un grupo

INTRAC • ISIDORO SÁNCHEZ • LASER RENT • GEOTRACK

Noticias

La nueva línea de productos 2007 incrementa la productividad y reduce los costes de los proyectos con su línea de productos 2007

Autodesk presenta nueva generación de soluciones de ingeniería civil y geoespacial para el mercado de infraestructuras, cartografía y GIS

Autodesk, Inc. (NASDAQ: ADSK), recientemente clasificada como la compañía de Gestión de Información Espacial (SIM) de más rápido crecimiento en el mundo según IDC, anuncia el lanzamiento de los productos de software Autodesk Civil 3D 2007, Autodesk Map 3D 2007 y Autodesk Raster Design 2007. Estas nuevas soluciones permiten la integración del diseño asistido por ordenador (CAD) y los datos del sistema de información geoespacial (GIS), permitiendo a los clientes crear, gestionar y compartir valiosa información espacial para una mejor toma de decisiones y una mejor eficiencia operativa. Al permitir un acceso sin precedentes a los datos espaciales por toda la organización del cliente, Autodesk ayuda a los clientes de municipios, ingenierías y constructoras, obras públicas, transporte y servicios a ser más productivos y ofrecer mejores servicios.

Un completo portafolio de soluciones de Gestión de Información Espacial

Basándose en su estrategia de resolver los desafíos críticos de negocio, las soluciones de gestión de información espacial de Autodesk ayudan a los clientes a acelerar los tiempos de llegada al mercado y a lograr la máxima productividad y eficiencia en los proyectos. Frente a otras ofertas actuales en el mercado, estas soluciones proporcionan un entorno abierto y flexible que hacen que los valiosos datos espaciales sean fáciles de utilizar y de gestionar. Las soluciones de gestión de información espacial de Autodesk incluyen Autodesk Civil 3D 2007, Autodesk Map 3D 2007, Autodesk Raster Design 2007, Autodesk MapGuide.

Autodesk Civil 3D y Autodesk Map 3D, las cuales están construidas sobre la plataforma AutoCAD 2007 y permiten a los clientes crear, gestionar y compartir datos con una eficiencia y productividad mejoradas.

Nuevos productos y funcionalidades

El software Autodesk Civil 3D 2007 utiliza un modelo dinámico de ingeniería probado en la industria que mantiene relaciones inteligentes entre los objetos. Un cambio realizado en un lugar se actualiza en todo el proyecto, ayudando a completar los proyectos de transporte, ubicaciones, cubiertas y subdivisiones más rápido y con más precisión. Todos los miembros del equipo trabajan a partir del mismo modelo consistente y actualizado, por lo que pueden permanecer sincronizados durante todas las fases del proyecto, incluyendo la de estudio, diseño, trazado, reporting, análisis y visualización. Las nuevas características incluyen:

- Funcionalidad de estudio integrada
- Capacidades de multi-usuarios ampliadas
- Flexibilidad de diseño incrementada
- Mejoras en los dibujos de producción
- Interoperabilidad de datos geoespaciales mejorada
- Todos los beneficios de AutoCAD y Autodesk Map 3D 2007

Autodesk Map 3D 2007 es la plataforma líder para crear y editar datos espaciales, ofreciendo una práctica funcionalidad de creación de mapas para los ingenieros y profesionales geoespaciales que necesitan una forma abierta y flexible de integrar la información CAD y GIS. Complementa las implementaciones GIS existentes proporcionando un acceso escrito y leído a una amplia variedad de fuentes de datos geoespaciales. Autodesk Map 3D permite una rápida carga, edición y gestión de grandes volúmenes de conjuntos de datos geoespaciales, y automatiza todos los flujos de trabajo a partir de la creación de datos geoespaciales a través de la web y de la publicación en intranets.

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

la fuerza de un grupo



“Cada paso al frente es para mejorar: desde ahora INLAND incorpora la distribución en exclusiva de la prestigiosa marca TOPCON”

- Construcción
- Topografía
- Control de Maquinaria
- Agricultura
- GIS

TOPCON, la mayor compañía en el mundo en fabricación y distribución de instrumentos de posicionamiento, ofrece una completa gama de productos de alta tecnología para aplicaciones topográficas, GPS, láser, construcción y control de maquinaria, con la que esperamos dar la mejor respuesta a sus necesidades.

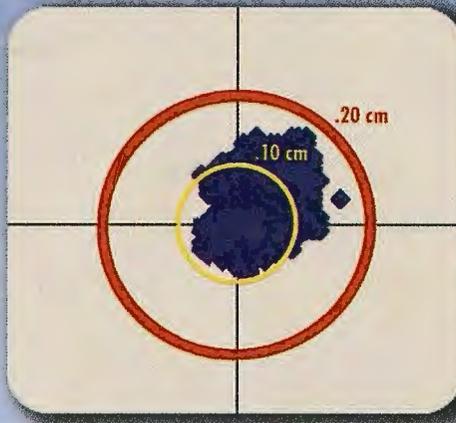
DISTRIBUIDORES EN EXCLUSIVA DE



INTRAC • ISIDORO SÁNCHEZ • LASER RENT • GEOTRACK

AV. DE LA INDUSTRIA, 35. 28760 TRES CANTOS (MADRID) • APARTADO DE CORREOS 63 • TEL: 902 103 930 • FAX: 902 152 795

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.

Grafinta

Avda. Filipinas, 46
28003 Madrid
Tfo. 91 5537207
Fax 91 5336282

E-mail grafinta@grafinta.com



NCT-SF-Net/030806-3