

MAPING

Revista Internacional de Ciencias de la Tierra

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MEDIO AMBIENTE

TELEDETECCIÓN

CARTOGRAFÍA

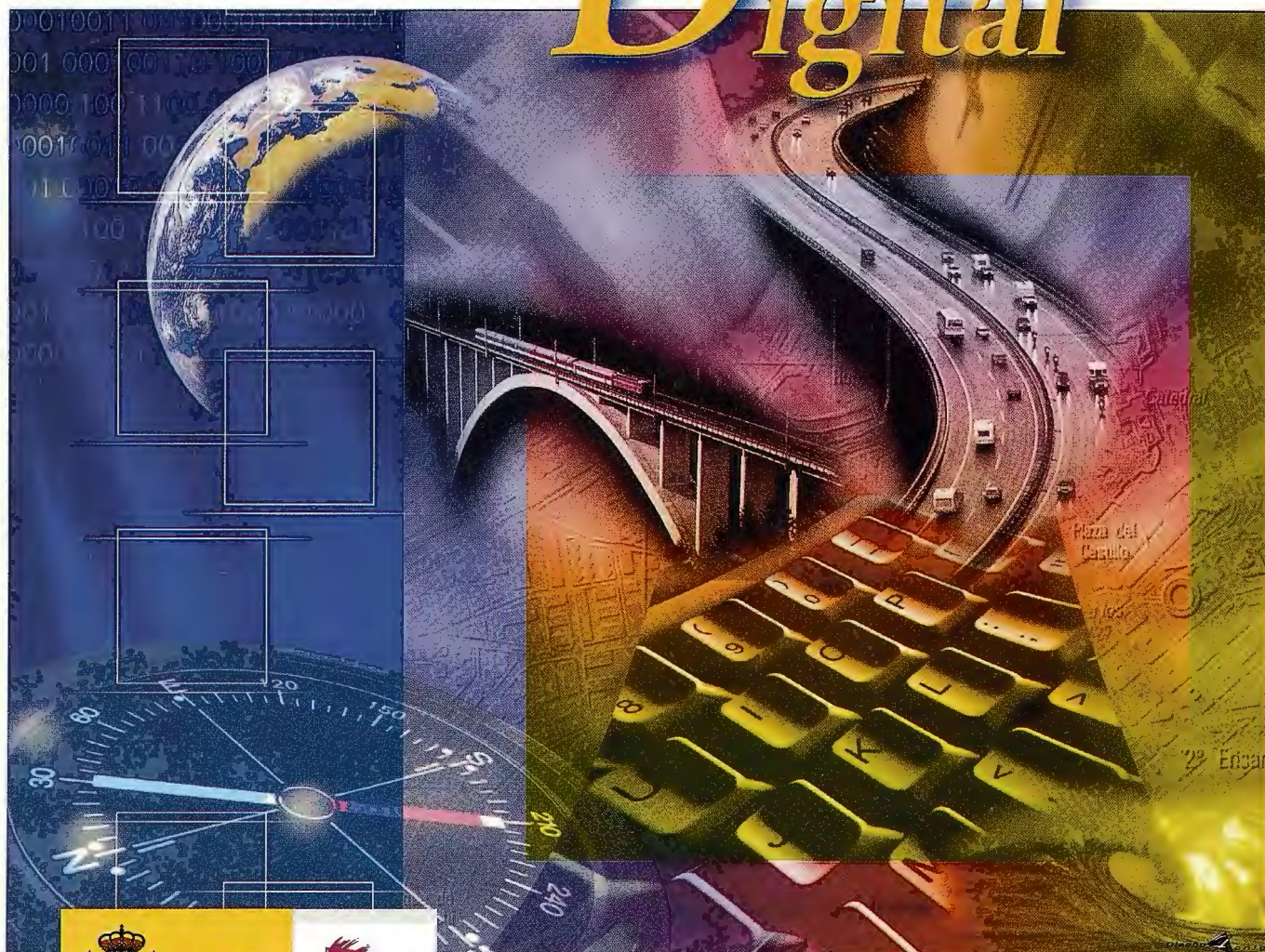
CATASTRO

TURISMO



CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Cartografía Digital



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

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

Conecta CAD y GIS.

Idea:

Controle y gestione las infraestructuras de una ciudad desde el subsuelo hasta la superficie.



Autodesk

Realizada:

Autodesk conecta CAD y GIS ofreciendo soluciones completas de cartografía y GIS, como Autodesk Map[®] 3D, Autodesk MapGuide[®] Enterprise, y Autodesk[®] Raster Design. Las empresas necesitan crear, editar, y gestionar toda la información espacial de una ciudad. Estas herramientas precisas y flexibles le permiten gestionar las infraestructuras de una ciudad desde el subsuelo hasta la superficie, utilizando mejor sus datos, recursos e inversión de su software actual.

Para más información, visite nuestra web www.autodesk.es/map o si lo prefiere llame al 902 12 10 38.

Autodesk Map 3D

Autodesk, Autodesk Map, y Autodesk MapGuide son marcas registradas o marcas de Autodesk en los Estados Unidos y en otros países. Autodesk, Autodesk Map, y Autodesk MapGuide son marcas registradas o marcas de Autodesk en los Estados Unidos y en otros países. Autodesk, Autodesk Map, y Autodesk MapGuide son marcas registradas o marcas de Autodesk en los Estados Unidos y en otros países. Autodesk, Autodesk Map, y Autodesk MapGuide son marcas registradas o marcas de Autodesk en los Estados Unidos y en otros países.

MAPPING

SUMARIO

6 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD EN ÁREAS DE INUNDACIÓN DEL TERRITORIO DE SAGUA DE TÁNAMO, PROVINCIA DE HOLGUIN, CUBA.

10 " ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL COFFEA ARABICA EN UN SECTOR DEL GRUPO OROGRÁFICO DE GUAMUHAYA, CUBA, UTILIZANDO LOS SIG."

18 LOS METADATOS GEOGRÁFICOS: ACTUALIDAD Y ESTÁNDARES.

30 FACTORES DETERMINANTES DE LA CALIDAD E LOS PRODUCTOS/SERVICIOS CARTOGRÁFICOS.

40 PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN CUBA.

52 LAS MEDIDAS DE LA TIERRA

90 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA BAHÍA DE CIENFUEGOS, CUBA.

Foto Portada: AZIMÓTMETRO.E.Sánchez, España hacia 1920. Anteojo Astronomico de 21,5 cm. de distancia focal y 2,4 cm. de apertura con enfoque de cremallera. **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 **Fotomecnica:** 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.

INTERGRAPH

tiene todas las piezas
para su proyecto **GIS**

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

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

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

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

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

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

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

INTERGRAPH (España) S.A. • C/ Gobelos, 47 - 49 • (La Florida) 28023 MADRID • Tel.: 91 708 88 00 • Fax: 91 372 80 21
INTERGRAPH (España) S.A. • C/ Nicaragua, 46. 1º 1ª • 08029 BARCELONA • Tel.: 93 321 20 20 • Fax: 93 321 47 73



Análisis de la vulnerabilidad en áreas de inundación del territorio de Sagua de Tánamo, provincia de Holguín, Cuba.

M.Sc. Sulma Castañeda Herreris, Centro de Investigación y Consultoría de GEOCUBA, CUBA.
Dr. Rafael Guardado Lacaba, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, CUBA.

Resumen

Esta investigación estuvo encaminada a realizar un estudio de la vulnerabilidad en áreas expuestas al peligro por inundación fluvial en el territorio de Sagua de Tánamo, en la provincia de Holguín, Cuba, mediante el análisis e interpretación de las principales condiciones y causas condicionantes del medio físico que propician el desarrollo del fenómeno de las inundaciones, con el empleo de las técnicas de Cartografía Digital y Sistema de Información Geográfica (SIG) en áreas aledañas al río Sagua. La aplicación del SIG en la estimación de personas y estado constructivo de los inmuebles expuestos a este fenómeno, parte de la utilización de la información georreferenciada de los elementos en riesgo. Se proponen tres zonas vulnerables: Zona de alta, media y baja vulnerabilidad.

Palabras claves

Inundación, Vulnerabilidad, Sagua de Tánamo, Peligrosidad, Riesgo, Zonación.

Introducción

La vulnerabilidad ha sido definida por numerosos autores como el factor interno de una comunidad expuesta a una amenaza que puede ser afectada y depende de varios factores: El grado de exposición (zona de ribera de los ríos, terrenos con fallas geológicas, etc.). El grado de incorporación en la cultura y los conocimientos que permita a los pobladores reconocer las amenazas. La calidad del diseño de la construcción de las viviendas y las áreas libres de evacuación. El grado de organización de la sociedad y la orientación de las instituciones de la comunidad del estado y de las organizaciones no gubernamentales. Capacidad de las instituciones que prestan apoyo en las emergencias (25). Otros la definen como Es una medida de la susceptibilidad o predisposición intrínseca de los elementos expuestos a una amenaza a sufrir un daño o una pérdida. Estos elementos pueden ser las estructuras, los elementos no estructurales, las personas, las instituciones y sus actividades colectivas. (10).

El impacto de los eventos naturales aumenta en la medida que aumenta el área construida. No considerar a los inmuebles en estado técnico regular y mal, las instalaciones críticas en las actividades cotidianas de la planificación física y protegerlos de los peligros naturales, eventualmente resultará en la pérdida de vidas, daños personales, daños a la propiedad, lenta recuperación, defectuosa restauración de estos y de otros servicios, y alteración de las actividades económicas vitales. Según el lugar, la capacidad y el área de servicio de estos inmuebles, su destrucción o su perturbación pueden ser catastróficas.

La vulnerabilidad se hace evidente cuando comparamos

como inundaciones con similares intensidades provocan diferentes consecuencias en igual o diversas zonas.

El 70 % del territorio estudiado está expuesto potencialmente a los peligros por inundación, como consecuencia de los factores destructivos de los fenómenos meteorológicos (vientos, precipitaciones), así como por la ubicación de los asentamientos humanos y sus características constructivas, se consideran vulnerables: Por derrumbe, por inundación. (7), (9).

Existen 5 asentamientos en el área de estudio y en elevaciones mínimas con respecto al nivel del río Sagua se encuentra en su totalidad el poblado rural de Marieta.

El mapa de vulnerabilidad presentado, se ajusta sólo al área de los asentamientos urbanos a escala 1: 2 000 para lograr la mayor representación de los resultados obtenidos, en otra escala no se cumple el objetivo propuesto.

Se proponen tres zonas vulnerables al peligro: Zona de alta vulnerabilidad, zona de vulnerabilidad media, zona de baja vulnerabilidad.

Objetivos

Materiales y métodos

Se realizaron trabajos teniendo en cuenta las áreas que se encontraban mapificadas a escala 1: 2 000 para los asentamientos urbanos Sagua Norte y Sagua Sur y 1: 25 000 para los asentamientos rurales Marieta, El Jobo y La Plazuela, como Sistema de coordenadas: Cuba - Sur y Alturas: Siboney.

Se utilizó como material base las imágenes ampliadas del vuelo realizado entre los años 1999-2001, las que se rectificaron y ampliaron a escala 1: 2 000 para darle solución a las zonas abiertas y que no poseían mapificación a escala 1:2 000.

En la determinación de los niveles de piso (NP) de los inmuebles afectados se utilizaron dos taquímetros autoreductores, una plancheta y en algunos casos directamente con el nivel, apoyando la nivelación en los puntos de nivelación técnica ubicados a menos de 200 metros de las construcciones, además se utilizaron las planillas diseñadas para creación de un SIG para la vivienda confeccionadas por GEOCUBA a la cual se le agregaron dos atributos que fueron, el grado de inundación (total o parcial) y la altura del nivel de piso. (17), (23).

Digitalización:

Los planos topográficos a escala 1: 2 000 existentes del año 1987 una vez actualizados se digitalizaron, editaron e imprimieron a escala 1:2000.

Se procedió a la digitalización de los mapas catastrales escala 1:10 000 y algunos elementos de los mapas topográficos a escala 1: 25 000 y 1: 50 000 del territorio, este último (1: 50 000) tomado del año 1955 con el objetivo de evaluar la dinámica del río. (18)

Se procedió a la digitalización del mapa de las inundaciones súbitas o severas a escala 1:25 000, tomado de Instituto de Planificación Física (IPF) del municipio Sagua de Tánamo y otros mapas como los de la Red Pluviométrica, Hidrométrica, Red Hidrológica, definiendo por cada uno de estos las capas de trabajo.

Concluida la operación de digitalización, georreferenciación, eliminación de los errores y la asignación de la información no espacial a cada objeto geográfico digitalizado y correctamente identificado fue necesario del uso del lenguaje de realización de consultas para derivar nuevas informaciones en el SIG utilizado.

La cartografía de las inundaciones históricas y de todos los mapas geomorfológicos y su captura en el SIG nos posibilitó la validación de este. (17).

Desarrollo

Se emplearon operaciones de extracción de la información para buscar objetos o inmuebles espaciales de la base de datos que cumplan una condición establecida por el investigador.

A partir del empleo de los mapas primarios, se derivan las diferentes causas y condiciones que permiten estudiar las variables que rigen la zonación, aplicando el modelo de la realidad.

Las evaluaciones del peligro de inundaciones, basadas en mediciones directas, muchas veces no es posibles por existir una base para determinar los niveles específicos de inundación y los intervalos de recurrencia para determinados eventos. Se pueden realizar evaluaciones del peligro en base a datos de fotos, informes de daños y observaciones de campo cuando los datos cuantitativos son escasos. Tales evaluaciones presentan información graficada que define las áreas inundables que probablemente serán afectadas por una inundación de un intervalo específico. Como las llanuras de inundación pueden ser cartografiadas, según el IPF del municipio de Sagua de Tánamo se señala las llanuras de 10 años de probabilidad de ocurrencia para el evento de noviembre de 1994, 50 años para el evento de octubre de 1963 y 100 años para el evento de noviembre de 1993.

Consideraciones tenidas en cuenta para realizar el análisis de la vulnerabilidad del territorio de Sagua de Tánamo:

1. Conocimiento de los procedimientos, reglamentos e instrucciones por parte de inspectores del IPF, de la vivienda y de ejecutores de los trabajos, así como la fiscalización integral por parte de los responsables del gobierno.
2. El apoyo sostenido por parte de la máxima dirección del partido y del gobierno, con los inspectores del IPF, de la vivienda y de los ejecutores de los trabajos.
3. Actualización de la información y los mapas existente, por investigadores e ingenieros involucrados en el estudio.
4. Actualización de la información y mapas de áreas en desarrollo por IPF.
5. Investigaciones preliminares del área por geólogos,

especialistas en geotecnia e hidrólogos calificados.

6. Evaluaciones del estado técnico según las categorías de: bien, regular y mal de los inmuebles a cargo de arquitectos, ingenieros y especialistas del IPF.

7. Una buena defensa de las técnicas utilizadas en caso de ser cuestionada por algún personal, por lo que se debe contar con personal con capacidad a fin de defenderlas.

8. Preocupación por parte de los involucrados en el municipio (dirección municipal y provincial de la vivienda, dirección municipal y provincial de planificación física, inversionistas, personal de la salud, empresa de seguro, la familia y la comunidad en su conjunto).

9. Previa evaluación y análisis sobre la protección de aquellos inmuebles en estado técnico desfavorables e instalaciones necesarias para el desarrollo de nuevos asentamientos poblacionales.

Hemos considerado las siguientes causas y condiciones que propician las inundaciones en el territorio:

Causas:

- Aumento del tiempo de descarga.
- La explotación de una arenera (Arenera Miguel).
- Colmatación del cauce.
- Disminuye el área y la capacidad de evacuación.
- Formación de islotes.
- Ocurrencia de lluvias intensas y prolongadas.
- Cambios en el canal principal.
- Aumento brusco de los niveles de inundación.
- Mayor escurrimiento superficial en las montañas, debido al desarrollo.
- Mayor área de inundación.
- Mayores Caudales.
- Cambios en los parámetros físicos del río (profundidad, ancho, pendiente, cauce).

Condiciones:

- Desarrollo Urbanístico sobre la llanura de Inundación.
- Desarrollo Urbanístico en las montañas.
- Desarrollo intensificado de la Agricultura sobre la llanura de Inundación.
- Convergencia de los afluentes al río principal en una corta distancia.
- Cuenca montañosa con pendientes elevadas.
- Sinuosidad del cauce.
- Deforestación de la llanura de inundación.
- Deforestación y pérdida del potencial vegetativo en zona de montaña.
- Proceso de sedimentación.
- Fuertes procesos de erosión.
- Cambios en las propiedades físico mecánica de suelos y rocas.
- Cambios climáticos.

Teniendo en cuenta todos los análisis realizados se proponen tres zonas vulnerables, estas han sido representadas a escala 1: 2 000 para obtener mayor representatividad del área, por lo que se restringió solo a los dos asentamiento urbanos. (Ver figura 1).

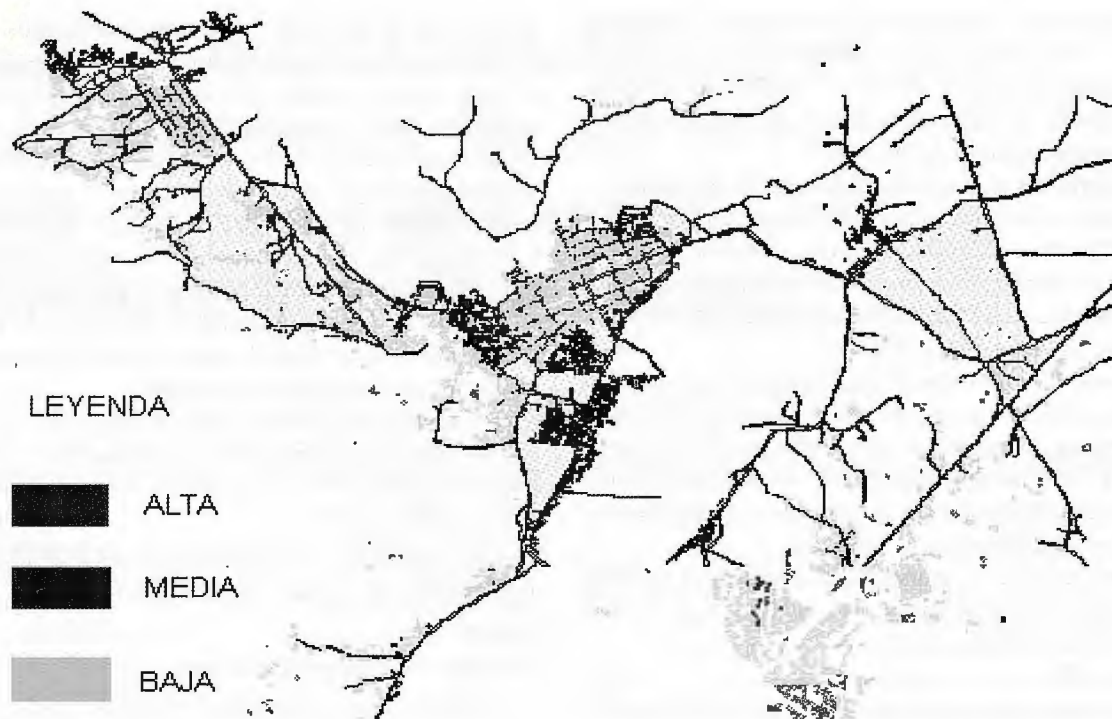


Figura 1. Mapa de vulnerabilidad en áreas de inundación en Sagua de Tánamo

Zona de alta vulnerabilidad: Ubicada donde existe desarrollo urbanístico, haber sido inundada en el evento de mayor lámina el de noviembre de 1993, (9). Inmuebles cuyo estado técnico (cubierta, instalaciones eléctricas, piso, red hidráulica, sanitaria, paredes) sea malo, posean cimiento en mal estado o que no tengan, cantidad de habitantes mayor de 2.

Zona de vulnerabilidad media: Ubicada donde existe desarrollo urbanístico, haber sido inundada en el evento de mayor lámina noviembre de 1993, (9). Inmuebles cuyo estado técnico (cubierta, instalaciones eléctricas, piso, red hidráulica, sanitaria, paredes) sea regular, posean cimiento en estado regular.

Zona de baja vulnerabilidad: Ubicada donde existe desarrollo urbanístico, haber sido inundada en el evento de mayor lámina (noviembre de 1993), (9). Inmuebles cuyas características del estado técnico en general sean buenas.

Conclusiones

1. Se demuestra que aproximadamente 12 000 personas se encuentran en zonas vulnerables al peligro por inundación.
2. Se pueden establecer zonas vulnerables al fenómeno teniendo en cuenta: la ubicación geográfica de los inmuebles, las láminas de los eventos meteorológicos y el estado técnico desfavorable que presentan las viviendas cuya tipología constructiva constituye un riesgo para su hábitat.
3. Los asentamientos más afectados son el de Sagua Sur y el de Marieta.
4. La inundación de los asentamientos urbanos no se debe solamente a la migración del cauce principal, sino también al avance del desarrollo urbanístico sobre la llanura de inundación.
5. El mapa de vulnerabilidad nos ha permitido definir zonas para ratificar, cambiar o utilizar para determinados usos.

Referencias Bibliográficas.

- 1-ALBERT et al. Mapa Geológico de la Región Mayarí- Sagua- Moa, 1: 250 000. 1988.
- 2-ALONSO AGUILO, M. et al. Agua. ALONSO AGUILO. et al. Guía para la Elaboración de estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología. 3 ed. Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica de Medio Ambiente, 1998: (321-378 pág).
- 3-ALVAREZ SECO ARIANNE. et al. Los SIG en la protección Civil. Serie: Medio Ambiente. Riesgo Geológico. 3. 2002 : (45-60 pág).
- 4-ALVERO, F. F. Diccionario Manual de Lengua Española. Cervantes. Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana. 1988.
- 5-BUJAN RUBIO, C. M. Cla Cuenca del río Sagua de Tánamo. Región Oriental de Cuba. File:/A:/friend-amigo.htm. 2000.
- 6-CARRILLO D. J. Aplicaciones de algunos conceptos teóricos de los SIG para la delimitación morfométrica a partir de un Modelo Digital del Terreno: Un caso de estudio en Alora, región al sur de España. III Congreso Cubano de Geología y Minería. Resúmenes. 1998: 329 pág.
- 7-CASTAÑEDA HERRIS, S. et al. Mapa Informe Sagua de Tánamo. Informe Final. GEOCUBA, Moa, 2002: 15 pág.
- 8-CASTAÑEDA HERRIS, S. et al. Mapa Informe Sagua de Tánamo. Proyecto Técnico Ejecutivo. GEOCUBA, Moa, 2002: 20 pág.
- 9-CASTAÑEDA HERRIS, S. Zonación ingeniero geológica de peligrosidad y riesgos por inundación en el territorio de Sagua de Tánamo. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Moa, 2003: 131 pág.
- 10-COLECTIVO DE AUTORES. Defensa Civil. 1997.
- 11-COLECTIVO DE AUTORES. <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/ch04.htm>. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. 1993.
- 12-EIPH, VICEDIRECCIÓN DE PROYECTOS. 1993. Alternativas para la protección contra inundaciones de la ciudad de Sagua de Tánamo. Holguín: 12 pág.
- 13-EIPH, VICEDIRECCIÓN DE PROYECTOS. 1994. Apuntes de interés sobre inundaciones notables del río Sagua durante el año 1993. Holguín: 12 pág.
- 14-ESTRADA, S. V. et al. Prevención Hidrológica-I Protección contra Inundaciones Sagua de Tánamo. Informe Final. INRH, Holguín, 2002: 32 pág.
- 15-ESTRADA, V. Calibración del modelo matemático TCG en la cuenca del río Sagua. Tesis de maestría. CIH. ISPIAE. Habana. 2002.
- 16-FABREGAS REINOSA, S. et al. A. Los SIG: una herramienta para la gestión de situaciones de emergencia a nivel municipal. Serie: Medio Ambiente. Riesgo Geológico. 3.2002: (233-241 pág).
- 17-GEOCUBA, 1999. Procedimiento Normalizativo Operacional HOP-09-11 "Diseño e implementación del SIG de la vivienda: 8 pág.
- 18-GEOCUBA, 2002. Procedimiento Normalizativo Operacional GMP-004 "Digitalización de mapas topográficos y catastrales con el empleo del Autocad: 13 pág.
- 19-GUARDADO LACABA, R. et al. Zonificación de los Fenómenos Geológicos que generan Peligros y Riesgos en la Ciudad de Moa. Revista Geología y Minería, 1999, 16(2): (21-23 pág).
- 20-GUARDADO LACABA, R. Evaluación de Peligros y Riesgos Geológicos. Universidad Nacional de San Juan. Colombia, 1999.
- 21-GUARDADO LACABA, R. Evaluación Ingeniero Geológica de las áreas con peligro y riesgos geambientales de la ciudad de Moa. Revista Geología y Minería, 1997, 13(3).
- 22-HERRERO DIEZ, A. Aplicaciones de los SIG al análisis del riesgo de inundaciones fluviales. Serie: Medio Ambiente. Riesgo Geológico. 3. 2002: (87-109 pág).
- 23-ICGC, 1980. Instrucción Técnica para levantamiento a escala 1: 2 000, 1: 1 000 y 1: 5 00: 10 pág.
- 24-Instituto de Planificación Física (IPF) municipio Sagua de Tánamo. 1993.
- 25-Organización de Estados Americanos, Departamento de Desarrollo Regional y del Medio Ambiente (OEA/DDRMA) 1993.
- 26-QUINTAS CABALLERO, F.J. Análisis Estratigráfico y Paleogeográfico del Cretácico Superior y del Paleógeno de la Provincia de Guantánamo y áreas cercanas. Tesis de Doctorado. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 1989: 145 pág.
- 27- RODRIGUEZ RODRIGUEZ, F. F. Estudio hidrológico Presa Sagua. Sagua de Tánamo. EIPH. 1991. Holguín.
- 28-RODRIGUEZ RODRIGUEZ, F. F. et al. Análisis de la avenida del río Sagua el 24 de noviembre de 1993. EIPH. 1994. Holguín.
- 29-RODRIGUEZ RODRIGUEZ, F. F. et al. Estudio hidrológico para la ETE: Protección contra inundaciones de Sagua de Tánamo. EIPH. 1993. Holguín.
- 30-www/United.mty.tesm.mx/Estudio de vulnerabilidad y Riesgo Geológico.

¡TIEMPO DE CAMBIOS!



GPS · GLONASS · GALILEO



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

**Tecnología
revolucionaria
de triple
constelación.**

www.topcon.es

"Zonificación Agroecológica del Coffea arabica en un Sector del Grupo Orográfico de Guamuhaya, Cuba, utilizando los SIG."

MSc, Pm, Ing. Humberto Antonio González González
INSTITUTO DE GEOGRAFIA TROPICAL - CIUDAD DE LA HABANA - CUBA

Resumen.

A partir del análisis de las condiciones edafoclimáticas y de relieve que influyen en el cultivo del café y el territorio de estudio se efectuó la zonificación agroecológica de acuerdo con su potencial productivo, mediante la determinación de los factores geográficos y edafoclimáticos que son importantes para el establecimiento de la especie y la obtención de óptimos rendimientos. La delimitación de los requerimientos agroecológicos y la utilización del Sistema de Información Geográfica en el municipio de Manicaragua permitieron la zonificación agroecológica de acuerdo al potencial productivo del café.

1. INTRODUCCION

La selección y evaluación del potencial agroecológico del cultivo de Coffea arabica, obedece a la forma en que influye en la estructuración de una región, por constituir una especie de alto valor económico y su significativa proyección en la economía nacional, tanto en la actualidad como en su desarrollo prospectivo y por ocupar extensos espacios en condiciones físico-geográficas muy complejas.

Para determinar las condiciones favorables de la especie Coffea arabica en un lugar determinado el trabajo de zonificación agroecológica es indispensable analizar las condiciones edafoclimáticas y de relieve que influyen en el cultivo del café y el territorio de estudio.

Se decidió determinar que factores agroecológicos son importantes para la obtención de óptimos rendimientos en el cultivo, zonificar agroecológicamente el Coffea arabica teniendo en cuenta sus requerimientos agroecológicos y las características de la zona de estudio que en este caso se refiere al zona montañosa del municipio de Manicaragua, Villa Clara, perteneciente al macizo montañoso de Guamuhaya y obtener las zonas de potencial agroecológicos mediante el empleo de un SIG.

2. Objetivos

- Determinar que factores agroecológicos son importantes para la obtención de óptimos rendimientos de la especie Coffea arabica.
- Zonificar agroecológicamente el Coffea arabica teniendo en cuenta sus requerimientos agroecológicos y las características de las zonas de estudio
- Determinar las zonas de potencial agroecológicos utilizando un S.I.G.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo en cuenta las características físico-geográficas del territorio, los antecedentes de investigaciones realizadas sobre los componentes naturales. Se seleccionó para el estudio del potencial agroecológico el Coffea arabica

en el sector montañoso del municipio Manicaragua, del grupo Guamuhaya (Fig. 1). El área de estudio se encuentra en la parte sur de la zona montañosa, formando parte de las alturas de Trinidad, pertenece administrativamente a la provincia de Villa Clara, situado entre los 5920 y 6300 de latitud norte y entre los 2360 y 2600 de longitud oeste. Es un territorio que se encuentra limitando por el oeste con el municipio de Cumanayagua, al este con Fomento y al sur con Trinidad. Abarca una superficie de aproximada de 650 km².

Área de Estudio dentro del Grupo Montañoso de Guamuhaya.

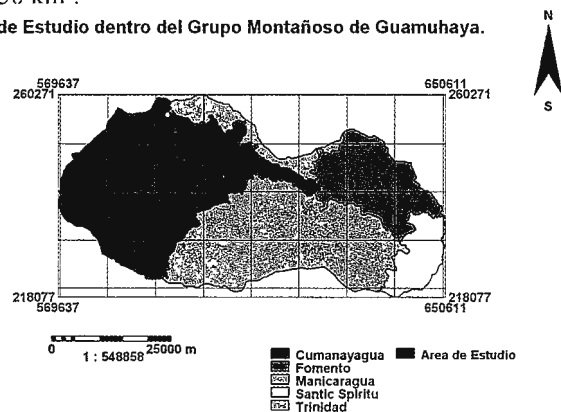


Fig.1 Área de Estudio del Grupo Montañoso Guamuhaya.

3.1. Recopilación y procesamiento de la información geográfica y ecológica del territorio

Suelos: Se confeccionó del mapa de suelos a escala 1: 100 000 del municipio Manicaragua se realizó sobre la base de la correlación de los suelos, la reducción de unidades areales del mapa de suelos a escala 1: 25 000 de la Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes y las descripciones y resultados de laboratorio de perfiles principales de suelos.

Relieve: Se utilizó como fuente fundamental el informe "Caracterización Geográfica del Grupo de Guamuhaya" se incluyeron los mapas hipsométrico y de pendientes.

Clima: Se obtuvo con el informe "Caracterización Geográfica del Grupo de Guamuhaya" y el procesamiento estadístico de los datos primarios aportados por el Instituto de Meteorología y el Instituto de Recursos Hidráulicos. Se incluyen los mapas de precipitación media anual.

Vegetación: El estudio de la vegetación se basó en el análisis bibliográfico de varias fuentes entre las que pueden señalarse el Estudio Geográfico de las Montañas de Guamuhaya realizado por el Instituto de Geografía en 1989 y el estudio de las Formaciones vegetales del macizo montañoso Guamuhaya (Ricardo et al., 1997).



Color profesional y máxima productividad para la impresión CAD

¿Necesita color? Le mostramos el camino más productivo para conseguirlo: el nuevo sistema de gran formato Océ TCS500. Imprima, copie y escanee de forma eficaz todo tipo de documentos, desde un A4 hasta 36 pulgadas de ancho. Y como no sólo necesita color... el sistema Océ TCS500 también produce documentos en monocromo manteniendo siempre una elevada productividad.

Y es que el sistema Océ TCS500 le acerca al color de la forma más sencilla. Permite escanear y copiar con tan sólo pulsar un botón, así como mantener siempre el control de los documentos a imprimir gracias a su software de envío de trabajos y gestión de colas. Los resultados obtenidos serán siempre los deseados, ya que incorpora un potente gestor de color. La tecnología que utiliza, Océ Dynamic Switching, es de las más avanzadas del mercado ya que, mientras imprime, selecciona de forma automática el modo de impresión óptimo en cada parte del documento. En resumen, si necesita color profesional y máxima productividad, decídase por el sistema Océ TCS500.

Para más información, visite www.oce.es o contacte con nosotros a través de la dirección de e-mail es.tcs500@oce.com



Printing for Professionals

3.2. Establecimiento de las bases para la zonificación

La determinación de la zonificación de la especie en estudio se obtuvo inicialmente a partir del análisis hecho por experimentos llevados a cabo en zonas cafetaleras del territorio. Se creó una base de datos con mas de 100 registros mediante el empleo del software FOXPRO, la cual tiene 13 campos que son: Orden, Provincia, Municipio, Sitio, Especie, Altura, Mejor rendimiento, No. de cosechas, Temperatura media, Precipitaciones, Suelo, Autores y Fuente consultada, que permite establecer las bases para la zonificación mediante la interacción con ella.

3.3. Utilización del Sistema de Información Geográfica
Se tomó la información cartográfica existente sobre las condiciones naturales que prevalecen en el territorio de Manicaragua, reflejándose en mapas temáticos elaborados a escala 1: 100 000 (zonificados según los valores de las variables) de las condiciones naturales que ejercen más influencia en el comportamiento de la actividad agropecuaria; las variables climáticas, edáficas y geomorfológicas. La metodología establecida para las relaciones entre los diferentes parámetros y la determinación de la zonificación agroecológica se llevo a cabo utilizando los Sistemas de Información Geográficos, empleándose como software ILWIS 3.2 y operaciones, Polygon to Raster Attribute Map y Cross como herramientas insustituibles.

La información cartográfica (mapas analógicos) fue capturada por dos formas: la entrada por tableta digital o por barreador óptico (Scanner) e incluyó los siguientes mapas: Pendiente topográfica, Hipsometría, Isoyético anual, Temperatura media anual, Tipos genéticos de suelo y Uso del suelo, preparados, compilados, sintetizados, a la escala de trabajo: 1:100 000.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Caracterización de los factores agroecológicos en la zona montañosa del municipio Manicaragua .

4.1.1 Relieve

La constitución de su relieve es variada encontrándose altitudes desde los 300 m snm hasta los 1000 m snm, pero predominando en este caso alturas desde los 400 m snm hasta los 700 m snm, con tres rangos de pendientes <16%, 16-30% y de 30-45 %. Por su clasificación morfológica de los pisos altitudinales, vemos que el territorio está constituido sobre todo por llanuras altas hasta montañas pequeñas.

4.1.2 Temperatura y Precipitaciones

La temperatura media anual en el territorio que se encuentra sobre los 900 m de altitud es inferior a 19 °C y en la franja inferior de las macropendiente meridional supera los 25, mientras que en la parte baja de la septentrional oscila entre 23 y 25.

La temperatura media anual oscila entre 19 y 250 centígrados y las precipitaciones del territorio están constituidas por tres zonas (Fig.2), una en el rango de 1400-1600 mm, otra de 1600- 1800 mm y por ultimo una zona de 1800 - 2200 mm.

Las precipitaciones se encuentran entre los elementos climáticos de mayor variabilidad temporal y espacial. En su carácter temporal se distingue su estacionalidad en dos periodos bien definidos en todo su espectro altitudinal (lluvioso y poco húmedo), destacándose el mes de junio (25%

de la norma anual) como el más lluvioso, mientras que diciembre y enero son los de menor lámina con 1,5 y 3 %, respectivamente (Vidallet, 1989).

Precipitación Media Anual del Municipio de Manicaragua del Grupo Montañoso Guamuhaya

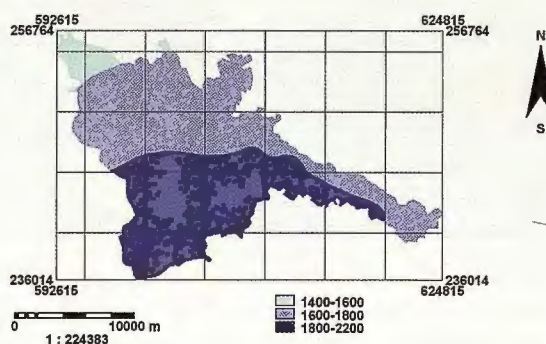


Fig.2. Precipitación Media Anual del Municipio de Manicaragua del Grupo Montañoso Guamuhaya.

La precipitación media anual requerida por el cafeto es de 1800 a 2000 mm, distribuidos a través del año con un período de reposo vegetativo, para posteriormente iniciar la floración.

4.1.3. Los suelos, principales factores limitantes para el cultivo del café.

Los suelos que conforman el territorio son agrupamiento Alíticos, Ferralíticos, Fersialíticos, Pardos Sialíticos, Fluvisol y Pocos Evolucionados (Fig.3). En general en el levantamiento se encontraron 6 agrupamientos, 7 tipos y 6 subtipos de suelos.

Suelos del Municipio de Manicaragua de Grupo Montañoso Guamuhaya

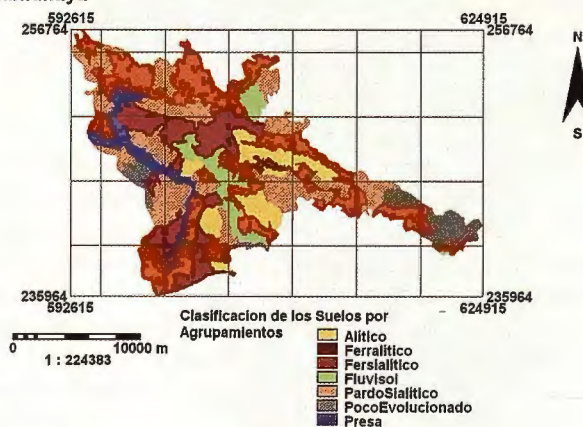


Fig.3. Suelos del Municipio de Manicaragua de Grupo Montañoso de Guamuhaya.

La correlación se realizó con la Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba (Instituto de Suelos, 1995), se correlacionaron las tasas del mapa primario (14 tasas) con 9 tasas de la clasificación, lo cual en la reducción de unidades areales permite un alto grado de precisión.

Se toma en cuenta como elemento fundamental el factor limitante profundidad efectiva a la hora de determinar los agrupamientos con posibles condiciones para efectuar la zonificación y obtener potenciales óptimos. De este modo clasificamos los distintos suelos de acuerdo al rango de profundidad que presentan. (Tab.1)

Profundidad Efectiva	Tipo de Profundidad
Mas de 60 cm	Profundo a muy profundo
41 – 60 cm	Medianamente profundo a profundo.
Menos de 41 cm	Poco profundo a Muy poco Profundo

Tabla .1 Tipos de profundidad efectiva

Se establece entonces la relación suelo profundidad - efectiva, en función de los rangos establecidos en la tabla anterior. (Fig.4)

Profundidad Efectiva de los Suelos en el Municipio de Manicaragua de Grupo Montañoso Guamuhaya.

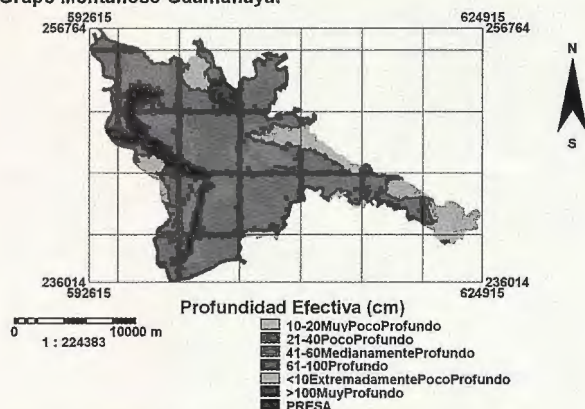


Fig.4. Relación Suelo-Profundidad Efectiva en el Municipio de Manicaragua del Grupo Montañoso Guamuhaya.

Se puede observar que las profundidades menores de 40 cm no son adecuadas para el cultivo debido a que no permite el desarrollo de sus raíces que son profundas y ramificadas y a la misma vez estas no pueden tomar los nutrientes indispensables. De este mismo modo la capacidad retención de humedad no es la mas factible en el suelo lo que puede afectar al cafeto, también se afectaría la aireación del suelo.

4.2. Desarrollo del trabajo.

Para establecer los resultados del trabajo se analizó primero los resultados obtenidos de los experimentos llevados a cabo en el territorio en función de las diferentes variables establecidas a evaluar, a partir del software FOX-PRO. Se emplearon las variables precipitación, altura y rendimiento, no se analizó las temperaturas debido a que los rangos de temperatura media existentes en el territorio caen dentro de los valores admisibles para efectuar el trabajo. En la variable de precipitación se tomaron dos rangos; de 1800-2200, 1500- 1800. Se comprobó que el mayor rendimiento medio por hectárea obtenido con respecto a las precipitaciones fue en el rango de 1800- 2200 mm, lo que dio como resultado un rendimiento medio de 2.57 T/ha, con una altura media de 400.63 msnm, una temperatura media de 23.130 C y una precipitación media de 2000 mm. También se trabajó con los valores de rendimientos en los sitios experimentales estableciéndose los valores de >2 T/ha y de 1 - 2 T/ha. Se obtuvo un rendimiento medio de 4.19 T/ha, dentro del primer valor mencionado con una precipitación media de 1925.00 mm, una temperatura de 240 C, una altura de 380.0 msnm.

Con relación a la altura se establecieron también tres rangos, de 300- 400 msnm, 400- 500 msnm, 500- 600 msnm. En el primer rango se tuvo un mejor rendimiento de 2.66 T/ha,

con precipitación de 1962.00 mm, altura 343.00 msnm y temperatura de 23.38° C.

Por último se tomó una relación de 15 sitios de la zona y se determinó todos los valores medios de cada factor en análisis, dando como resultado un rendimiento medio de 2.46 T/ha, con una precipitación media de 1951.33 mm, una temperatura de 23.220 C y una altura de 411.67 msnm.

Según los datos reflejados se obtiene un rendimiento mayor de 2 T/ha con un rango de precipitación entre 1800 - 2000 mm, temperaturas que oscilen entre 23- 24 0 C y alturas comprendidas entre 380 y 400 msnm.

El elemento principal que ejerce sobre los resultados de los rendimientos mostrados es la precipitación, lo que demuestra la influencia que tiene en el comportamiento del café en el territorio.

4.2.1. Zonificación agroecológica del Coffea arabica en el municipio de Manicaragua.

A partir de los resultados obtenidos de los sitios analizados y teniendo en cuenta como elemento clave las precipitaciones, se tomó otro elemento de gran interés para lograr los resultados esperados, que es la profundidad efectiva determinada en los diferentes agrupamientos de suelo del territorio. Conociendo que el territorio presenta tres zonas de precipitaciones, y los suelos presentan cuatro rangos de profundidad efectiva, se llevó a cabo el trabajo de zonificación a partir del empleo de los SIG.

Para poder lograr este resultado todos los mapas sintéticos obtenidos por el SIG a partir del Software ILWIS 3.2, se les elaboró su tabla de atributos donde tienen la base de datos de acuerdo al factor agro ecológico que corresponde, en el caso de los dos factores que se están analizando, precipitaciones y suelos; se determinó para las precipitaciones el área que ocupa así como el rango de precipitación ubicado en cada área o zona, para los suelos en este caso fue mas complejo el trabajo por las características que tiene, la base de datos se descompuso en agrupamientos, tipo ,subtipo, género, profundidad efectiva, profundidad de perfil, erosión, humificación, pendiente, todos con sus símbolos. Una vez que tenemos toda la base de datos completa se seleccionaron los suelos de acuerdo a su profundidad efectiva, a partir de la operación Attribute Map, en función de los rangos establecidos lo que permitió diferenciarlos y obtener un mapa de profundidad efectiva para hacer un trabajo mas detallado con otros mapas temáticos de los demás factores naturales.

La obtención de los distintos mapas temáticos en forma raster producto de la operación Polygon to Raster del territorio en estudio nos permite hacer un análisis objetivo de las zonas de potencial elevado para el café a partir de la operación raster Cross, lo que establecería una interrelación con los distintos elementos naturales reflejados en

cada mapa y la especie de café en estudio donde se obtendría realmente un ordenamiento agroecológico apropiado para el cultivo de esta planta. Como se tiene el mapa de profundidad efectiva y el mapa de precipitación con sus tres zonas bien diferenciadas, se procede a cruzar el mapa de profundidad efectiva descompuesto a partir de los rangos existentes de este parámetro (61-100, 41-60, 20-40 y < 20 cm) con el mapa de precipitación, estableciéndose las bases de zonificación que nos es mas que la relación precipitación - profundidad efectiva (Fig.5 y 6) a partir de los requerimientos agroecológicos planteados y llegar al resultado final que es la zonificación agroecológica del Coffea arabica. Estas zonas con los diferentes potenciales obtenidos, se cruzaron también sobre los mapas de hipsometría, pendientes, que todos tenían la base de datos también confeccionadas que constituían en área que ocupa y rango de acuerdo al tipo de mapa que se analiza, para observar la ubicación en los diferentes rangos de cada mapa mencionado.

Operacion Raster Cross entre los Mapas de Profundidad Efectiva y Precipitación del Municipio de Manicaragua

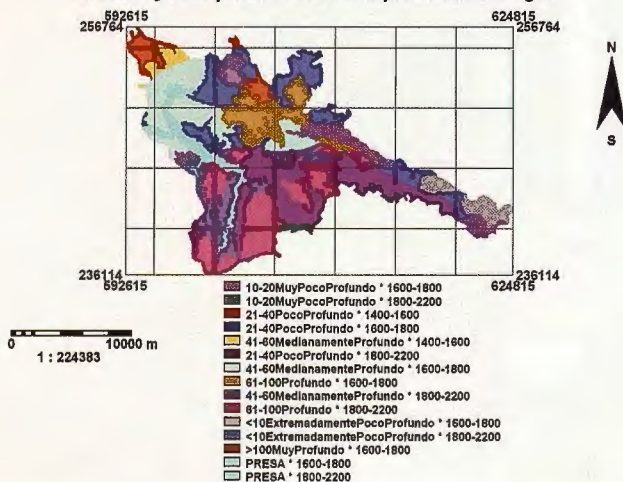


Fig.5. Operación de Cruce por los Mapas de Profundidad Efectiva y Precipitación de Municipio de Manicaragua de Grupo Montañoso Guamuhaya.

ID	PROFUNDIDAD EFECTIVA	PRECIPITACION	POTENCIAL
10-20MuyPocoProfundi	10-20MuyPocoProfundo	1600-1800	MUY BAJO
10-20MuyPocoProfundi	10-20MuyPocoProfundo	1800-2200	MUY BAJO
21-40PocoProfundo *	21-40PocoProfundo	1400-1600	MUY BAJO
21-40PocoProfundo *	21-40PocoProfundo	1600-1800	BAJO
41-60MedianamentePr	41-60MedianamenteProfundo	1400-1600	BAJO
41-60MedianamentePr	41-60MedianamenteProfundo	1600-1800	BAJO
61-100Profundo * 16	61-100Profundo	1600-1800	MEDIO
61-100Profundo * 18	61-100Profundo	1800-2200	MEDIO
61-100Profundo *	61-100Profundo	1800-2200	OPTIMO
<10ExtremadamentePo	<10ExtremadamentePocoProfu	1600-1800	MUY BAJO
<10ExtremadamentePo	<10ExtremadamentePocoProfu	1800-2200	MUY BAJO
>100MuyProfundo *	>100MuyProfundo	1600-1800	MEDIO
PRESA * 1600-1800	PRESA	1600-1800	PRESA
PRESA * 1800-2200	PRESA	1800-2200	PRESA

Fig.6. Tabla Dependiente del resultado del cruce de los mapas de Profundidad Efectiva y Precipitación y establecimiento de los potenciales para la zonificación agro ecológica.

El procedimiento llevado a cabo por el empleo del SIG dio como resultado final (Fig.7) que las zonas de potencial optimo se encuentran en suelos que poseen precipitaciones dentro del rango optimo 1800-2200 mm, profundidad efectiva mayor de 60 cm, pocos erosionados a medianamente erosionados a medianamente erosionados, pendientes menores de 30 %, humificados en su mayoría, temperatura que oscila en el rango

de 19- 25° C con alturas a partir de los 300 m snm hasta los 900 m snm con rendimientos aproximados de 21854.3t. Las zonas de potencial medio se encuentran dentro de dos zonas de precipitaciones entre 1600- 2200 mm, suelos de profundidad efectiva que oscila entre 41-100 cm, medianamente y poco erosionados, pendientes con valor <30%, por lo general con contenido medio de materia orgánica, temperatura en su mayoría entre 19-25° C y alturas desde los 300m snm hasta los 800m snm. y rendimientos aproximados de 17960.26 t. Todas las zonas de potencial bajo están ubicadas dentro de las zonas de precipitaciones de 1600-2200 mm, temperatura de 19-25° C, hipsometría de 200-900m snm y profundidad efectiva de 41-60 cm. Lo principal que se debe destacar en las zonas de potencial muy bajo es la baja profundidad efectiva que presentan sus suelo<20 cm, precipitaciones 1400-2200 mm, presenta bajo contenido de materia orgánica y están erosionados sus suelos, ubicadas en los tres rangos de pendientes 16-45%, alturas desde 0-800 m snm, y temperatura de 19-25° C.

Zona Agroecologicas del Municipio de Manicaragua del Grupo Montañoso Guamuhaya

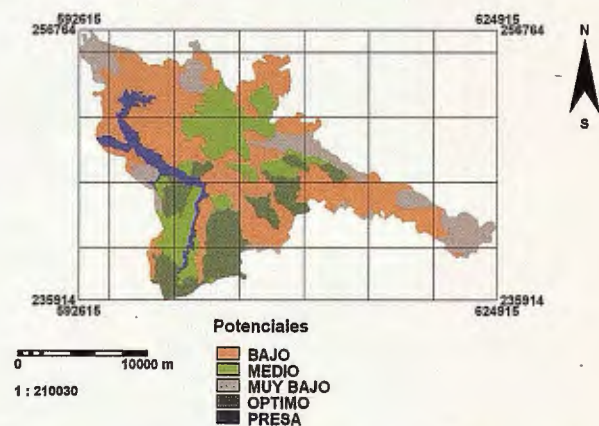


Fig.7. Zonificación Agroecologica del Coffea arabica a partir de los potenciales obtenidos.

5. Consideraciones Finales

Se determinó que los factores agroecológicos principales para lograr óptimos rendimientos del cultivo del café son, precipitación y las características de los suelos, fundamentalmente la profundidad efectiva. Los requerimientos agroecológicos para la obtención de los potenciales óptimos de Coffea arabica son: precipitaciones comprendidas dentro del rango de 1800- 2200 mm, profundidad efectiva del suelo (>60 cm). El SIG constituye una herramienta muy útil para la zonificación agroecológica del Coffea arabica, principalmente las operaciones, Polygon to Raster, Attribute Map y Cross.

Bibliografía

- Hernández, A., Pérez Jiménez, J.M., Bosch, D. y otros. Nueva versión de Clasificación Genética De los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos, MINAG, 65 pp(1995).
- Ricardo et al, Formaciones vegetales del grupo montañoso Guamuhaya, Cuba, Acta Botánica Cubana, No 110, 27 de marzo de 1998, Instituto de Ecología y Sistemática.
- Vidallet, J. D (1989):Ritmo anual de las precipitaciones. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Eds. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía e Instituto Geográfico Nacional (España). España. VI.3.4: 35.

Los Metadatos Geográficos: Actualidad y estándares

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

Resúmen

La Información GeoEspacial (también conocida como Geográfica) adquiere gran importancia en el momento actual debido a su creciente uso. Comúnmente la información GeoEspacial no incluye elementos relacionados con la semántica que representan, su calidad, autor, modo de identificación, restricciones de uso y mantenimiento, por lo que se hace necesaria una estructura bien organizada que permita su documentación. Esta estructura está basada en la utilización de los Metadatos. Muchos estándares internacionales definen los elementos fundamentales que deben contener los Metadatos geoespaciales y establecen un grupo de términos comunes.

Introducción

En los últimos años se ha incrementado la actividad de creación, manejo e intercambio de información geoespacial, es decir, la 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. Esta referencia geoespacial puede estar dada en coordenadas geográficas, cartesianas, algún sistema de referencia geográfico o alguna dirección postal que permita ubicar dicha posición en el espacio de forma única. La información geoespacial es también llamada información geográfica.

El 80% de la información almacenada digitalmente es directa o indirectamente geográfica. Esto es debido a la posibilidad que tiene este tipo de información de conectar conjuntos de datos aparentemente disjuntos mediante relaciones geoespaciales de proximidad, adyacencia o coincidencia. La información geográfica tiene una estrecha vinculación con el aspecto gráfico ejemplo de esto pueden ser los mapas, aspecto que brinda un gran volumen de información al ser humano. [ECH] [BAÑ]

La información geográfica tiene gran importancia para tomar decisiones correctas acerca de los más disímiles asuntos; por lo que su comercialización, intercambio y desarrollo juegan un papel fundamental en la sociedad actual. El uso de diferentes formatos para almacenar la información geográfica entorpece este desarrollo al igual que la no documentación de los datos.

El uso de estructuras que permitan documentar la información geográfica se hace cada día más imprescindible. Es necesario disponer de un mecanismo bien estructurado para documentar los datos geográficos. Ante esta necesidad surgen los metadatos de información geográfica, que constituyen información sobre los datos geoespaciales.

Desarrollo de la Información Geográfica, nuevas necesidades.

La Información Geográfica se define como aquella información que describe fenómenos vinculados de forma directa o indirecta a una ubicación en la superficie terrestre o sus proximidades. En muchas ocasiones esta información cuenta también con datos de tiempo. El avance vertiginoso de la informática y las comunicaciones ha constituido

un catalizador para el desarrollo y manejo de esta tipo de información. [MAN03]

Sistemas de Información Geográfica, elementos claves en el desarrollo de la Información geoespacial.

El surgimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) hace más de tres décadas fue un paso trascendental en el uso y manejo de la información geográfica [ECH], permiten el procesamiento, acceso y análisis de forma automática. Estos sistemas posibilitan la gestión y visualización de este tipo de información.

El uso de los SIG se ha diversificado y actualmente se pueden encontrar sistemas de este tipo en muchas empresas o instituciones no ligadas directamente al estudio o desarrollo de las ciencias geográficas. Los SIG se están convirtiendo, cada día más, en herramientas necesarias en la toma de decisiones a los niveles empresariales, políticos o institucionales.

Con el objetivo de lograr un buen uso de los SIG para tomar decisiones es necesario que los datos geoespaciales sean adquiridos bajo cierto criterio de selección y estén debidamente actualizados. Esto es sumamente difícil si no existe una suerte de inventario de los datos existentes, que además este actualizado y sea lo suficientemente detallado para cumplir con la mayoría de los intereses de los clientes.

Estos SIG inicialmente eran sistemas particulares pertenecientes a una institución o empresa. Estos sistemas de software eran altamente especializados y muy complejos por lo que su uso estaba limitado a un grupo de personas bien capacitadas y con objetivos muy concretos, es decir su utilización estaba lejos de cualquier idea de intercambio y cooperación [ECH]. Con el paso del tiempo estas barreras de especialización se fueron venciendo por necesidad y los SIG se fueron abriendo y convirtiéndose en sistemas más asequibles y sencillos.

El avance acelerado a finales del siglo pasado en materia de Informática y Comunicaciones canalizó el desarrollo de los SIG. La llegada de Internet abrió las puertas a un nuevo intercambio de grandes volúmenes de datos, así como al proceso y acceso de los mismos. A esto se le suma el desarrollo del campo de las comunicaciones móviles y la diversidad de medios tecnológicos para la adquisición y captura de información geoespacial.

La aparición del Servicio de Información Web constituyó una explosión en el desarrollo de la información geográfica digital. Este nuevo servicio potencia el intercambio de información, principalmente desde el punto de vista gráfico; lo que trae consigo un favorecimiento del intercambio y publicación de la información que tiene carácter visual. Dentro de todo este conjunto de información visual la Información Geográfica tiene un papel protagónico.

Trabas presentes en el desarrollo de los SIG.

Para el desarrollo de las tecnologías SIG existieron algunas trabas. El surgimiento y difusión de los SIG ha traído consigo, como es lógico, la digitalización de un gran volumen de información geográfica del que se disponía en los soportes convencionales. A pesar de esto, el intercambio de información geoespacial tiene un alto costo debido a diversos factores.

En primer lugar el formato en que se encuentra almacenada está información es muy variado y responde a la forma en que se modeló el dato, cómo se interpretó, cómo se codificó y cómo se obtuvo. Lógicamente cada organización poseedora de este tipo de datos los representa de forma tal que logre satisfacer sus intereses, estos formatos generalmente son muy concretos y nada abiertos.

Un problema que se presenta actualmente a nivel mundial es lo difícil que se torna la localización de la información que satisfaga un determinado interés. Esta dificultad entorpece el desarrollo, comercialización e intercambio de la información geoespacial. [ECH]

Generalmente los datos geográficos que se necesitan para un fin determinado, no es necesario crearlos porque ya existen. Localizar un dato geoespacial es muy engorroso puesto que no existe en la mayoría de los casos un mecanismo lo suficientemente general que difunda las características fundamentales de los datos existentes así como su disponibilidad.

Dentro de un volumen inmenso de datos, como el que se dispone hoy día, es prácticamente imposible hacer una búsqueda que satisfaga un interés concreto. Cuál o cuáles datos cumplen con cierta condición es muy complicado conocerlo porque sería necesario consultarlos todos y para eso tendría que ser un especialista en la materia que además tuviera conocimiento del formato en que están almacenados los datos.

Otro aspecto a tener en cuenta es el inmenso costo que tenían las transferencias de datos. Era muy complicado conocer a profundidad los datos que se pretendían intercambiar, por lo que había que hacer un análisis exhaustivo de ellos con personal calificado, preferiblemente con los creadores de la información geográfica digital.

No siempre es posible tener alguna medida de la calidad de la información que se tiene. Esto constituye otro de los problemas del mundo de los datos geoespaciales. Este problema tiene sus causas en el hecho que la información referente a la calidad no forma parte del dato por lo que es una cuestión imprecisa valorarla a través de un análisis del mismo.

Verdaderamente, el creador de los datos geográficos es quien puede dar fe de la calidad de estos, ya que es quien conoce que fuente utilizó y con qué precisión. Tener un medidor de la calidad del dato es muy importante. Aunque todas las aplicaciones no necesitan que los datos tengan una calidad determinada, existen aplicaciones que requieren una calidad máxima de los datos con los que se trabaja. [ECH].

Todos estos problemas hacen que no se pueda explotar al máximo las potencialidades que brindan Internet y demás avances en las comunicaciones. Con ello se afecta el desarrollo de la economía mundial porque al estar debilitadas

las transferencias e intercambios de datos geográficos los SIG cuentan con menos información, siendo esta muy difícil de actualizar. La toma de decisiones basada en el análisis de estos sistemas estará afectada por todos estos problemas y el tiempo necesario para las transferencias es muy grande.

El avance en el desarrollo de los SIG sumado a los alcances de la ciencia en otras ramas hace que el número, complejidad, calidad y diversidad del conjunto de datos geográficos que se hace necesario manejar crezca de forma vertiginosa; por lo que se hace imprescindible la creación de métodos que compacten todos los elementos característicos de estos datos para garantizar una eficiente manipulación.

Metadatos de Información Geográfica.

Se necesita una estructura bien organizada que permita documentar fácilmente la información existente y la que se cree en un futuro; de forma tal que se puedan hacer búsquedas en dicha estructura, publicar características fundamentales de esta y hacer sobre ella análisis sin gran dificultad. Los metadatos vinieron a dar respuesta a este problema.

Concepto y Origen de los Metadatos.

Los datos geográficos digitales constituyen una descripción del mundo real para su uso y análisis en una computadora. Estos datos son una abstracción, por lo que, de una misma realidad puede haber distintas abstracciones; para garantizar un uso correcto de estos, es necesaria la documentación de los mismos.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo en su Agenda 21, en 1992, le asignó suma importancia a la globalización de la información geoespacial de recursos naturales con el objetivo de fomentar una óptima planificación y un adecuado manejo a favor del desarrollo sostenible. Desde entonces han surgido diversas iniciativas con el propósito de globalizar datos geoespaciales. El punto de partida para lograr estos objetivos es una descripción de la información producida por múltiples actores, los metadatos. [REC]

El concepto «Metadato» no surgió recientemente en las Ciencias de la Información. Se plantea que el término fue formalmente empleado por Jack Myers en la década de los 60 con el objetivo de describir conjuntos de datos. [SDR]

Un Metadato es un conjunto de información que identifica diferentes aspectos relacionados a grupos de datos o a datos específicos y permite conocer características de esos datos que los particularizan dentro de un conjunto. Describe aspectos de los datos geoespaciales como son: calidad, actualización, referencia geoespacial, autor, entre otras. Constituyen información sobre la forma y el contenido de los recursos informativos. La primera y más extendida a nivel mundial definición que se le dio al término Metadato fue: «Datos que describen datos».

Los metadatos constituyen información sobre la información misma [V3]. Los datos que conforman un metadato generalmente dan respuesta a las preguntas quién, qué, cuándo, cómo, dónde y porqué. En el metadato usualmente se recoge información sobre cada una de las etapas de la existencia de los datos que se documentan, así como de su semántica, aspecto vital para lograr un uso adecuado del mismo.

Los metadatos tienen como funcionalidad práctica fundamental ayudar a los usuarios a discernir si la información es la más adecuada para un fin concreto sin tener que consultarla directamente. El usuario podrá obtener elementos para la identificación de la información buscada a través de palabras claves que caracterizan la información geográfica.

Categorías de Metadatos.

Los metadatos se pueden agrupar en tres categorías principales: Descubrimiento, Exploración y Explotación [REC].

- **Descubrimiento:**

Los metadatos de Descubrimiento son los que facilitan el intercambio de datos porque son los encargados de dar a conocer y publicitar cuales son los datos existentes. Estos metadatos cuentan con el conjunto mínimo de información necesaria que permite a los usuarios captar la naturaleza y el contenido de los datos. En otras palabras, en estos metadatos encontraremos respuesta a las preguntas: qué, por qué, cuándo, quién, dónde y cómo.

El nivel de detalle empleado en la información que recoge el metadato geográfico depende directamente del tipo de dato y de los métodos que se diseñen para su acceso. Los datos pueden ser muy variados: imágenes, texto, vectores, «ráster», puntos, polígonos, entre otros. Frecuentemente este tipo de metadato tiene que ver con los elementos comunes existentes entre los datos, formando así colecciones.

- **Exploración:**

Los metadatos de Exploración brindan información suficiente como para que los usuarios sean capaces de discernir que datos satisfacen un interés particular; por lo que en este nivel es necesaria una información más detallada sobre conjuntos de datos de forma puntual, lo que trae consigo que el metadato tenga mayor tamaño y sea más específico. Es decir, estos metadatos permiten al usuario saber si los datos pudieran ser usados con un fin determinado.

- **Explotación:**

Los metadatos de Explotación contienen aquellas propiedades imprescindibles para el acceso, transferencia, carga, interpretación y uso de los datos por un cliente final. Este nivel de metadatos incluye frecuentemente diccionarios o tesauros de datos, la organización, proyección, características geométricas y otras propiedades de los datos que posibilitan su actualización, almacenamiento y un uso correcto y eficiente de los mismos.

Importancia del uso de Metadatos de Información Geográfica.

La calidad de los datos utilizados es un elemento fundamental en cualquier proceso productivo y no fue hasta hace pocos años que se le empezó a dar la importancia que tiene. La exactitud del dato geográfico, siempre ha estado presente en la creación de datos geoespaciales pero no se habían adoptado ningún Sistema de Gestión de la Calidad. Uno de los métodos para medir la calidad de la información geoespacial es la utilización de metadatos.

El uso de metadatos permite identificar rápidamente al conjunto de datos que satisface un interés determinado, lo que hace su uso crucial en el diseño y desarrollo de cual-

quier proyecto. Los metadatos son imprescindibles en la construcción de una sólida infraestructura de datos geoespaciales y su utilización facilita la documentación de los datos.

El uso de metadatos trae ventajas como son [MANO2]:

- Una mejor organización de la institución o compañía y con ello mejores resultados.
- Mantiene el valor de la inversión en datos geográficos. Hace persistente el conocimiento acerca de los datos cuando el personal calificado que los creó o que tiene relación directa con ellos y conoce todas sus características, deja de prestar servicios en la institución.
- Brinda información sobre los datos disponibles de manera que posibilita su catalogación, así como facilita información de los lugares y formas de almacenamiento de dichos datos.
- Provee información rápida a potenciales comercializadores de los datos geográficos.
- Mediante la información que ofrecen es posible el procesamiento de archivos provenientes de fuentes no conocidas o ajenas al usuario que está consultando.
- Facilita la ubicación y la detección de los datos, para así lograr identificarlos, localizarlos, accederlos y que puedan ser utilizados por personas o instituciones que los requieran.
- Provee una guía de los datos geográficos en cuanto a sus rasgos principales.
- Después que los datos de interés han sido localizados guía la interpretación y el uso de los mismos.
- Posibilita un mejor y mayor intercambio de datos entre organizaciones. De esta manera es mucho más claro qué se ofrece y qué se requiere, lo que facilita la cooperación y el trabajo coordinado inter-institucional acerca de temas geoespaciales.
- Propicia un mecanismo para mantener y auditar los datos existentes.
- Facilita la comunicación y el intercambio entre el personal especializado y el mundo exterior. Fortalece las relaciones empresa-sociedad.
- Previene la duplicación de la información, porque facilita verificar si existe un dato con características similares.

Problemas en el mundo de metadatos de Información Geográfica.

Existe una pluralidad de formas de conformar un metadato, aspecto que está determinado por el hecho que el metadato es un texto libre, puesto que es la documentación del dato geoespacial, por lo que cada organización o institución le da el formato que responde más a sus intereses concretos y particulares. Esta diversidad de formatos trae consigo el no entendimiento de las partes que participan en un intercambio o transferencia de datos; problema que viene acompañado de un gran nivel de dificultad y costo, ya que se tienen que hacer transformaciones de un formato de metadatos a otro.

En esta conversión de formatos hay mucha pérdida de información y pueden ocurrir incongruencias o incompletitud lógica de los datos que antes de la transformación estaban

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

Alaba 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



en perfecto estado. Además a esto se suma que este proceso requiere de la participación de especialistas de forma directa para la supervisión de toda la conversión, lo que aumenta el costo de la misma.

Estándares Internacionales para Metadatos de Información Geográfica.

Los problemas de formato en los metadatos, así como en los datos tienen una solución en el establecimiento de estándares por parte de organizaciones internacionales; después de haber sometido los intereses particulares a un análisis de forma colegiada con profesionales de las ramas afines y miembros de la comunidad científica de diversos países y haber discutido las diferentes formas de representación de metadatos existentes hasta el momento.

Existe un debate a nivel mundial que tiene como centro los metadatos y la determinación de aquellos elementos que tienen el peso mayor en la descripción de un conjunto de datos. Muchos seminarios, grupos de discusión y conferencias se dedican a este tema, del cual se han publicado numerosos artículos.

El objetivo de estos estándares es mantener una estructura que describa los datos geográficos con un alto grado de solidez y rigor. Estos estándares son usados por analistas, proyectistas y diseñadores de sistemas de información geográfica, así como por otros profesionales de diversas ramas para entender los pilares principales y requisitos para estandarización de la información geográfica.

Sin los recursos que ofrece la estandarización es muy difícil establecer comparaciones que tengan un sentido específico, ya que la ausencia de elementos comunes da al traste con la completitud de cualquier diferenciación sería. Es válido señalar que un estándar no detalla como se debe implementar estrictamente, sino que deja abierta la posibilidad del modelado y de la utilización de medios para materializarlo.

Importancia del uso de Estándares

La creación de definiciones e implementaciones de metadatos debe estar basada en alguno de estos estándares internacionales, lo cual ofrece ciertas ventajas como son [MAN02]:

- Definen y determinan qué elemento del dato geográfico debe documentarse y cómo.
- Provee una terminología común y ofrece un conjunto de definiciones para la documentación de los datos.
- Favorece el intercambio y transferencia de datos.
- Favorece la publicación de las características fundamentales de los datos en un formato conocido por los usuarios, la publicación de los metadatos cobra un sentido realmente práctico y fructífero.
- Permite una gestión sólida de los metadatos.
- Representan de forma general cualquier metadato de información geográfica.
- Ofrecen una base a través de la cuál pudieran desarrollarse perfiles nacionales o más específicos para una materia o interés determinado.

En la actualidad se sigue trabajando en la confección de nuevos estándares que definan exhaustivamente datos geográficos y sus metadatos.

Principales Estándares para Metadatos de Información Geográfica.

Existen estándares que han adquirido gran importancia en la actualidad debido al uso del que son objeto. Ellos son amplios en el alcance de sus definiciones y detallan la información a todos los niveles antes mencionados. [REC]

- Estándar de Contenidos para Metadatos Digitales Geoespaciales (Content Standard for Digital Geospatial Metadata, U.S 1994) <http://www.fgdc.gov>

El Estándar de Contenidos fue aprobado en Estados Unidos de América en 1994 por el Comité Federal de Datos Geográficos (Federal Geographic Data Committee, FGDC). Este estándar tenía como objetivo apoyar directamente el desarrollo de una Infraestructura Digital Espacial en el ámbito nacional. Ha sido acogido por muchos gobiernos como son EE.UU., Canadá y el Reino Unido a través del Marco Nacional de Datos Geográficos (National Geographic Data Framework, NGDF); es usado también por muchas organizaciones como el órgano Sudafricano de Descubrimiento de Datos Espaciales, la Red Interamericana de Datos Geoespaciales de varios países latinoamericanos y organizaciones asiáticas.

- Euro Norme Voluntaire 1267 por el CEN (Comité Europeo de Normalización, 1998)

En 1992 el Comité Europeo de Normalización creó el comité técnico 287 que se encargaría de todo lo referente a estándares de información geoespacial. CEN ha creado una familia completa de normas para el intercambio y transferencia de información geográfica digital: Informes CEN (CEN Report, CR) y categoría de normas experimentales, un ejemplo es la norma ENV (Euro Norme Voluntaire) 1267 Geographic Information-Data description Metadata.

- Recommendations on Metadata 1999

En febrero de 1999 el Centro para la Observación de la Tierra de la Comisión Europea (CEO) publicó el estándar Recommendations on Metadata que normaliza todo lo referente servicios e información relacionados con la observación de la tierra.

- ISO TC211 Standard (19115 - Committee Draft)

La Organización Internacional de Estándares (International Standards Organisation) creó el Comité Técnico 211 (TC211) en 1994, que se encargaría de todo lo referente a la Geoinformación. Uno de los trabajos más reciente de este comité es la presentación en el 2003 de ISO 19115 que normaliza todos los aspectos referentes al mundo de los metadatos geográficos [ISO][V2].

La norma ISO19115 brinda una colección de términos para un conjunto significativo de datos, como son entre otras: las categorías de la clasificaciones del recurso, los formatos, los medios de almacenamiento, los tipos de fechas, el estado de progreso de la información, las restricciones de acceso y uso datos.

Hay casos en los que el estándar recomienda utilizar listas de códigos definidos por otras organizaciones. Ejemplo de esto son los códigos que identifican los sistemas de referencias espaciales, los elipsoides de referencia o los parámetros de proyección cartográfica; para estos elementos se recomienda el uso de las codificaciones definidas por el European Petroleum Survey Group (EPSG). Se sugiere además el uso de diccionarios para obtener términos

relacionados con lugares, tiempo, estratos, etc., en este caso se aconseja el uso de los diccionarios del (CEO), el de la Nasa o la UNESCO.

El Dublin Core es un estándar de metadatos de carácter genérico. Este recoge los elementos más importantes de descubrimiento que debe contener un metadato en tan sólo 15 campos. [MAN02]

En la actualidad muchos de los estándares existentes tienen gran cantidad de elementos en común (aproximadamente el 40% de los términos) [BAÑ]. Una acalorada discusión mundial ha dado como conclusión que el estándar propuesto por ISO reúne los suficientes elementos como para satisfacer la mayoría de los distintos requisitos internacionales, ya que este estándar tuvo presente la experiencia de todos los estándares que lo precedieron, por lo que se observa una tendencia entre el resto de los estándares a migrar hacia este estándar.

ISO 19115 y Open Geospatial Consortium.

El Open Geospatial Consortium (OGC) [V1] conocido también como Open GIS Consortium fue creado en 1994 y reúne a más de 250 organizaciones públicas y privadas. Tiene como objetivo la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los SIG. Su trabajo, en la definición de estándares, tiene como metas que estos posibiliten la inter-operación de los sistemas de geoprocésamiento y faciliten el intercambio de la información geográfica [OPE].

Open Gis Consortium adoptó la norma ISO 19115 como sustitución de los temas 9 y 11 de sus Especificaciones Abstractas OGC. Está colaborando estrechamente con FGDC e ISO/TC211 en la generación de nuevos estándares de metadatos geoespaciales globales [OPE].

El estándar definido por Open Geospatial Consortium es el más atractivo desde muchos puntos de vista. Este estándar está basado en la norma ISO 19115, con él se pueden representar de forma general la mayoría de los metadatos de información geoespacial para cualquier interés. Abarca los elementos fundamentales de los datos geográficos y la selección de estos responde a los intereses de múltiples profesionales del ramo y organizaciones que participaron en su confección.

Este estándar OGC está estrechamente vinculado con todas las especificaciones planteadas por esta organización internacional y a su vez tiene su basamento muchas de ellas en normas ISO.

Vinculación entre datos geográficos y metadatos.

La creación de metadatos hasta hace muy poco carecía de madurez y no utilizaba recursos de automatización. Con el desarrollo de los estándares internacionales y con la aparición de sistemas de software que recolectan datos geoespaciales se ha producido un aumento en la calidad de producción de metadatos, hasta el punto de haber alcanzado una gestión sólida de los mismos.

La creciente inclusión de los datos geográficos en los sistemas corporativos de información, los servicios de catalogación y la aparición de nuevos SIG comerciales han estrechado el vínculo dato geoespacial - metadato.

Los metadatos podrían existir en varios niveles de detalle [REC]:

- Colección de datos (Ej.: serie de satélites)

- Producto de datos (Ej.: mosaico de imágenes)
- Unidad de datos (Ej.: conjunto de datos vectoriales)
- Grupo de características de un determinado tipo (Ej.: grupo determinado de carreteras)
- Entidad con una característica específica (Ej.: una sola carretera)

Independientemente del nivel de abstracción que posea el diseño del metadato, siempre debe mantenerse la vinculación a datos u objetos geoespaciales.

En la actualidad la mayor cantidad de metadatos existentes pertenecen al nivel de conjunto de datos. Recolectores de datos geográficos cada vez más sofisticados están incluyendo metadatos a otros niveles de detalle tales que se preserve toda la riqueza de la información. Los estándares de metadatos como la ISO 19115, admiten varios niveles de abstracción de metadatos.

Conclusiones

La documentación de los datos se ha convertido en una tarea de máxima importancia en cualquier proceso actual; el manejo y análisis de la información geográfica no escapa a esta afirmación. Con los recientes avances en la informática y las comunicaciones, unidos al aumento de la utilización de SIG, la documentación de los datos geoespaciales se hace extremadamente necesaria.

El uso de metadatos es imprescindible para lograr una gestión sólida de los datos geográficos. Su utilización trae muchas ventajas desde el punto de vista organizativo y financiero y favorece en gran medida el desarrollo de las ciencias geográficas.

Para garantizar la difusión e intercambio de los datos es conveniente el establecimiento de estándares. Estos fijan una estructura que permite describir metadatos geoespaciales, definiendo los elementos necesarios para caracterizar a los datos y brindan una gran gama de términos comunes, que hace posible el establecimiento de un lenguaje común para favorecer el intercambio, perdurabilidad y buen manejo de los metadatos.

Los metadatos son un paso de gran importancia en el almacenamiento y gestión de la semántica de los datos que documentan. El uso de metadatos constituye un punto de partida para la unificación semántica de los datos geoespaciales.

Se propone la creación de modelos de metadatos de Información Geográfica que implementen algún estándar internacional; así como la creación de sistemas computacionales que permitan el manejo y gestión de los metadatos.

Referencias

[BAÑ] 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»

[DIA] Díaz Centeno, J. (Dpto. Ingeniería Cartográfica y del Terreno, Escuela Politécnica Superior Ávila Universidad de Salamanca) «Motivos y estado actual de la normalización de la información geográfica y la cartografía». 2003 [ECH] 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

[ISO] ISO/TC 211. «Internacional Standard ISO/FDIS 19115».2003

[MAN03]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>

[OPE] OpenGIS Consortium, «The OpenGIS(tm) Abstract Specification, Topic 11: OpenGIS(tm) Metadata (ISO/TC 211 DIS 19115).Version 5». 2001

[REC]Recetario para Infraestructuras de Datos Espaciales (Traducción del Cookbook SDI v.2)

[V1] <http://www.opengeospatial.org>

[V2] <http://www.iso.org>

[V3] <http://enciclopedia.us.es/index.php/Metadato>

Otros materiales consultados

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.»

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».

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

Nebert, Douglas (GSD!/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)

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 geoespaciales de la República de Cuba) «Estado actual y perspectivas de la IDERC». 2005

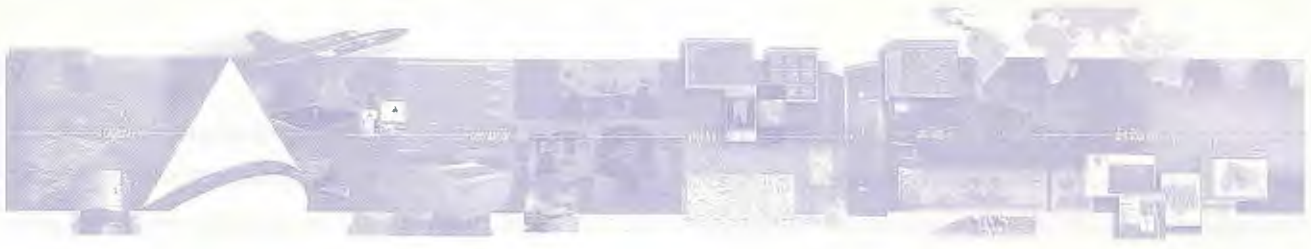
Van Oosterom, Peter (Department of Geodesy, TU Delft, The Netherlands). «Tecnología OpenGIS para la Interoperabilidad de la Geo-Información.» 2004

Alquiler-Venta-Servicio Técnico-Certificación ENAC - Gabinete Topográfico - Aplicaciones Informáticas - Estación Referencia 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

ENAC
CALIBRACION
Nº 109/LC/252



“Sólo con tecnología no haríamos nada”

Ver el mundo con otra perspectiva es el desafío que esta empresa propone a quienes necesitan abordar cualquier proyecto de cartografía o se interesan por la ordenación territorial, la agronomía, el catastro o el medio ambiente. En un sector que sólo a nivel nacional sobrepasa el centenar de empresas, pocas pueden considerarse competitivas a nivel europeo e internacional. Entrevistamos a Alfonso Gómez, director gerente de una de ellas.

Maribel Reyes

Profesora UCM y Consultora de Comunicación de INDAI

Seguramente será imposible encontrar algún profesional relacionado con el sector de la topografía, la fotogrametría y la cartografía que no sepa de esta empresa española que sobrepasa su cuarta década, alcanza el centenar de empleados y ha recibido en numerosas ocasiones el reconocimiento internacional. ¿Cuál ha sido su evolución a lo largo de estos años y porqué puede considerarse un caso de referencia en este sector?



La respuesta a ambas preguntas está relacionada con tres factores que explican la situación actual de **Stereocarto**: la calidad y dimensión de los proyectos llevados a cabo, su trayectoria de investigación y de inversión continuada en tecnología y su relación con todo tipo de organismos, instituciones y universidades. Su modelo de captura, orientación, registro, análisis y distribución de información geográfica le ha permitido desarrollar, con el sello de la innovación, proyectos requeridos en España y en más de quince países.

Alfonso Gómez es el impulsor principal de la compañía, de sus cambios y de su nueva apuesta por llegar a ser una empresa líder también a nivel internacional. Esta meta se plantea en un mercado que sigue teniendo a los sectores públicos como protagonistas, pero que ha encontrado un estímulo importante en las aplicaciones

comerciales. Hablamos de un mercado altamente competitivo, como la mayoría, en el que los cambios tecnológicos se suceden y, a través de ellos, la posibilidad de nuevas demandas y nuevos productos, *un sector –en palabras de Gómez– de pequeñas dimensiones, si se compara con cualquier otro de servicios o industrial, pero de gran importancia para el desarrollo de un país.*

A comienzos del 2000 la facturación total del sector de producción de cartografía nacional se estimaba en unos 5.000 millones de pesetas. La estructura y especialización de las empresas relacionadas con esta actividad es muy variada y deriva en buena medida de la capacidad para resolver internamente las diferentes fases del proyecto solicitado. El volumen medio de facturación oscilaba entre los 25 a 50 millones de pesetas con plantillas de 5 a 10 personas, en el que se situaban la mayoría de las empresas, y los 500 millones con plantillas de 40 personas, alcanzados por un número minoritario. El total de recursos humanos se cifra entonces en unos 1000 profesionales, la mitad titulados superiores o de grado medio y el otro 50% especialistas con un alto nivel de formación.

¿Cuál es la posición de Stereocarto en el mercado nacional?

Somos una empresa con experiencia que ha evolucionado mucho para poder dar un servicio global muy especializado en toda la cadena de producción y en todo tipo de productos, sin subcontratación y capaz de ser eficaz dentro y fuera del mercado español. La facturación del Grupo es superior a los de 10 millones de euros, nuestra plantilla de cien personas, más del 70% titulados superiores y medios, y la inversión en I+D de un millón de euros anuales.

¿Cuál ha sido la evolución de estas cifras en los últimos años?

La empresa se pone en marcha en 1964, desde entonces el crecimiento ha venido dado por distintas circunstancias. En el 88 nos hicimos cargo el equipo societario actual, alcanzando en aquel momento una facturación de unos 30 millones de pesetas, doscientos mil euros. La siguiente curva de inflexión llega a finales de los noventa, derivada sobre todo de la entrada en proyectos internacionales que permitieron un crecimiento muy rápido. En los últimos años estamos ya en una etapa de desarrollo estabilizado que nos dirige hacia otras posibilidades de producto, gestión y dimensión. Puede decirse que teníamos clara cuál era la apuesta y que durante este tiempo se ha ido gestando.

¿Qué ha cambiado realmente?

Ha cambiado la dimensión y la diversidad de productos que ofrecemos, entre ellos los sensores aerotransportados. Entonces el equipo comercial era muy reducido, nuestro I+D más tímido y nuestra organización casi familiar.



La dirección estaba en manos de una sola persona y en total no éramos más de veinticinco. Como es lógico, la formación y especialización de la plantilla son ahora mucho más elevadas y hemos aumentado el perfil de gestión frente al exclusivamente técnico. En la evolución de Stereocarto ha tenido mucho que ver la tecnología pero no sólo, si no se crece en otros aspectos relacionados con la propia gestión no puede hablarse de verdadero crecimiento. Actualmente estamos centrados en actuar como un centro de servicios de ingeniería cartográfica. Ofrecemos producto y desarrollos propios y la capacidad de gestionar íntegramente los proyectos que asumimos y, lo que es poco común, el control económico de los mismos.

¿Y qué permanece igual?

¿Lo que permanece igual? El entusiasmo, la pasión por la ingeniería cartográfica y los valores.

Uno de sus puntos fuertes es la presencia internacional, ¿qué papel juega este aspecto en su estrategia?

Básico. Hoy el cincuenta o sesenta por ciento de nuestra actividad es internacional. Los grandes proyectos vienen siempre de otros mercados, por eso era y es preciso contar con la preparación necesaria para conseguir participar en ellos y tener en cada país, si cabe, una presencia continuada. Podemos distinguir dos líneas estratégicas, por una parte la que se desarrolla en países estables en los que el objetivo es permanecer en el mercado, es el caso de España, el resto de Europa y algún país de Sudamérica; por otra parte, la que se basa en proyectos puntuales localizados en cualquier lugar, en este caso la presencia está limitada al proyecto.

¿Cómo repercute el crecimiento en los clientes, en los proyectos?

Se traduce en eficacia. Invertimos en tecnología y en formación precisamente para poder repercutirlo en los proyectos que llevamos a cabo. Nuestra vocación internacional favorece también el crecimiento y el desarrollo de los sistemas, incluido el de gestión. En la mayoría de las empresas que sobrepasan cierto volumen el factor clave es la profesionalización. El crecimiento da la posibilidad de dejar de ser un gabinete para ser una empresa o un grupo y contar con ingenieros superiores, además de técnicos, y con especialistas en distintos sectores.

¿Su ambición es que Stereocarto sea reconocida como la empresa número uno en tecnología?

Sólo con tecnología no haríamos nada. Quizá en algún momento sí he pensado que era lo más importante, sin embargo ante un proyecto es preciso tener capacidad técnica y comercial y también experiencia en gestión financiera para que los clientes puedan confiar. Lo que te permite competir y conseguir esa confianza es el bloque formado por un equipo humano con capacidad técnica y de gestión, experiencia en proyectos anteriores, especialización, tecnología y solvencia económica.

Con este bloque una empresa puede competir en el mercado internacional. En este sentido, creo que se puede hablar de Stereocarto como de una empresa que compite a nivel europeo.





¿Qué peso real tiene el I+D en su empresa? ¿Cómo se lleva a cabo esta función?

Todas las empresas sabemos que es preciso invertir en desarrollo, en tecnología y en definitiva en todos los niveles de gestión. El éxito o la diferencia a la hora de aplicar el I+D es que alguien se pare a pensar y consiga aplicar la inversión en su cadena de producción. Identificar los objetivos a conseguir, establecer un método, dimensionar el equipo humano asociado al proyecto I+D, organizar un programa de trabajo y cumplirlo es la base del éxito. Esta manera de trabajar es posiblemente lo que a nosotros nos permite llevar cierto adelanto en el sector.

Es importante la evaluación de los proyectos, su certificación y ayuda financiera por organismos como CDTI, Miner o Imade. En el desarrollo de esta actividad es esencial nuestro Departamento

de Tecnología, que está perfectamente diferenciado de la labor de producción.

En un sector como éste, ¿qué significa “innovación”?

En nuestro caso contestamos a esta pregunta planteando una matriz de procesos y tecnologías que nos indica que la innovación puede darse en ambos campos horizontal y verticalmente. Esta combinación multiplica las posibilidades y nos permite diferenciarnos.

¿Qué ha aprendido de sus competidores?

Fundamentalmente a valorarlos como verdaderos competidores y a no subestimar. En alguna ocasión he aprendido quizá más sobre su capacidad de gestión y su estrategia internacional, que en aspectos más técnicos. La competencia te fuerza a no acomodarte y a estar siempre en vanguardia.

¿Cómo prevé el futuro de Stereocarto a corto plazo y a largo?

A corto plazo lo más significativo es la presentación de novedades técnicas que optimizan la producción de información geográfica georeferenciada. A nivel de gestión estamos en una etapa de consolidación que nos va a permitir aplicar mejoras en proyectos actuales e inmediatos.

A largo plazo queremos ser una empresa de liderazgo no sólo nacional, sino internacional, sin que eso suponga desatender a nuestros clientes nacionales. No se trata de ser más grandes, sino de ser mejores y conseguir nuestro objetivo de satisfacción total del cliente.

Junio, 2006.



Paseo de la Habana, 200 • 28036 Madrid (Spain)

Tel: +34 91 343 19 40 • Fax: +34 91 343 19 41

info@stereocarto.com

www.stereocarto.com



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

FACTORES DETERMINANTES DE LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS/ SERVICIOS CARTOGRÁFICOS

Francisco Javier Ariza López - Dpto. de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría - Universidad de Jaén

RESUMEN

Este trabajo presenta los principales factores que se considera afectan a la calidad de un producto cartográfico: el propio diseño del producto, el procesado o elaboración del mismo y la organización en la que ocurre lo anterior. Tomando como guía el ciclo de vida del producto se revisan los principales aspectos de relevancia para un diseño de calidad. Asumido un buen diseño, el factor crítico para la calidad en la producción es mantener la variabilidad bajo control. Para una producción de calidad sostenida la organización debe adoptar algún sistema de gestión de la calidad (SGC). Aquí se presentan los enfoques que deben regir un SGC y las bases fundamentales de un SGC.

PALABRAS CLAVE : Calidad, Cartografía

INTRODUCCIÓN

Nos podemos preguntar a nosotros mismos ¿Por qué es importante la calidad de los productos y servicios cartográficos? Seguro que a todos se nos ocurren multitud de respuestas, todas ellas válidas: importancia real, moda, regulación por ISO, etc. Una respuesta simple, pero a la vez muy compleja por las interrelaciones y dependencias que conlleva, y también profunda, por cuanto que supone una filosofía y la existencia de importantes corrientes, es que la calidad es importante porque el Mercado así lo manda. Personalmente esta justificación me gusta especialmente en tanto que une la cartografía con la sociedad y su dinámica de deseos y necesidades.

I A lo largo de este documento a "cartográfico" y "cartografía" se le pretende dar un sentido y validez amplios, cubriendo todo lo que hoy se viene denominando bajo Geomática.

El Mercado es la confluencia de las leyes de la oferta y la demanda, donde resolvemos nuestras necesidades de bienes y servicios a cambio de un precio. De esta forma dada una necesidad en un mercado con suficiente oferta, lo primero que hay que hacer es determinar cuál de las opciones es la que mejor se acomoda a nuestros intereses. Para ello utilizamos la comparación. Estamos en el mundo de la comparación, todos buscamos, analizamos, comparamos... Todos, tanto las personas físicas como las empresas y las administraciones, buscamos lo mejor, lo excelente, algunas veces incluso lo inigualable,... ¡ah!, y al mejor precio. En el verdadero Mercado el cliente siempre tiene la razón, ello nos hace sabedores de nuestra fuerza y de nuestros derechos, y esto conlleva un alto nivel de exigencia como demandantes de bienes y servicios y obliga a los productores a una mayor competencia entre ellos.

Así es como el Mercado ha llevado a las Organizaciones (Administraciones y Empresas) a entrar por lo que podríamos denominar el «aro de la Calidad». Las Administraciones, que pretenden servir con objetividad los intereses de la generalidad de todos los ciudadanos, con eficacia, celeridad, coordinadamente y preservando los recursos para

el futuro, encuentran en la Calidad un medio para sus propósitos. Para las Empresas, que desean conseguir beneficios, pervivir, cubrir y expandir sus mercados, etc., la Calidad también es un medio para sus fines.

De esta forma la Calidad se convierte en una estrategia de pervivencia, crecimiento, beneficio, desarrollo, mejora, servicio..., tanto a nivel personal y microeconómico, como macroeconómico o de los países.

Pero el ámbito cartográfico también tiene sus razones propias para necesitar de la Calidad. Estamos en una época en la que los Institutos cartográficos son verdaderas fábricas de mapas. Considero que esta expresión es muy gráfica para entender que, entre el hacer cartográfico actual y el pasado, hay una gran rotura de base que afecta a los conceptos y modos de desarrollar la Cartografía.

Utilizando una expresión norteamericana, podemos decir que los productos cartográficos se han democratizado. Antes sólo los utilizaban ingenieros, investigadores y militares, ahora, el que hace footing, senderismo, barranquismo, bicicleta, 4x4... o el Camino de Santiago. Todos usan productos cartográficos.

En muchos países las empresas cartográficas ya no trabajan sólo en exclusiva para la Administración. Ahora hay empresas que demandan cartografía (p.e. Telefónicas, Distribución de Gas Natural, Bancos, Restauración, etc.). El sector cartográfico presenta oportunidades de negocio y ya son numerosas las iniciativas de cartografía a riesgo.

Y, ¿qué decir de las tendencias en nuestra sociedad hacia la litigiosidad?. Esto afectará a la Cartografía: existirán demandas por problemas, como accidentes, causados por una mala cartografía. Para esto también debemos estar preparados.

Como vemos la Cartografía presenta unas circunstancias propias que hacen que interese hablar hoy de Calidad, y para desarrollar convenientemente el título y objetivo de esta conferencia el presente documento se extiende en tres apartados más. El primero de ellos se centra en una aproximación al concepto de calidad con la idea de establecer un marco que permita entender ciertas peculiaridades de este concepto. Como subapartado dentro del anterior se realizará una reflexión sobre la importancia de la calidad en cartografía. Este es un asunto importante pues algunos consideran que la cartografía es arte cuando, realmente, es ingeniería. El siguiente apartado planteará lo que denominamos factores de la calidad, ciertamente se trata de macrofactores, aquí se incluyen el diseño, la realización y cómo se aborda la temática de la calidad por parte de la organización en la que se resuelve lo anterior. Como apartados finales una breve conclusión y un conjunto de referencias bibliográficas que pueden ser de interés al lector.

APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE CALIDAD

Antes de proceder a analizar los factores que afectan a la calidad del producto es conveniente hacer una aproximación al concepto de Calidad por cuanto ésta nos permitirá entender mejor la textura y profundidad de las arenas donde nos movemos.

Nos podemos y debemos preguntar, ¿Qué es Calidad?. Una contestación inmediata, intuitiva y muy válida nos dice que "Una Obra bien hecha es/tiene calidad". Pero también podemos acudir a un diccionario general, como el Diccionario de la Lengua Española, aquí encontramos la siguiente definición: Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie

De esta definición me gusta destacar los tres aspectos que incluye:

- La calidad puede expresarse como una o más propiedades.
 - La calidad supone apreciación, y por ello existirán tantas apreciaciones como sujetos distintos.
 - El considerar algo mejor, igual o peor, supone comparar.
- Estos tres aspectos son base de todo lo concerniente a la calidad, aquí brotan numerosas incógnitas (qué aspectos, qué propiedades, cuáles son más importantes, qué se aprecia, qué considera cada cuál, cómo se compara, etc.) que tratan de resolverse en todas las organizaciones que tienen preocupación sobre este asunto.

Pero también nos interesa conocer alguna definición técnica, pues la cartografía se resuelve en organizaciones tecnológicas. En este caso la definición dada por ISO puede ser la más relevante: Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

Esta definición ya no es tan intuitiva como la primera, de hecho parece bastante críptica y cambia la perspectiva. En aquella la comparación se formulaba de manera explícita y extendida a todos los elementos similares, ahora se habla de cumplimiento de los requisitos, afirmación que, sin dejar de ser clara, evidente y rotunda parece tener un ciertos matices de eufemismo.

Desde otro punto de vista distinto y más global, propio de una filosofía más avanzada, la calidad puede considerarse como las pérdidas que un producto o servicio infringen a la sociedad desde su producción hasta su consumo último, de tal forma que a menores pérdidas sociales se tendrá una mayor calidad del producto o servicio (Taguchi).

Se pueden considerar cinco enfoques (Tabla 1) sobre la propia calidad: a) un enfoque trascendente, propio de conceptos superiores como Justicia, Belleza, Equidad, etc.; b) un enfoque basado en el producto y que supone que la calidad puede ser apreciada en aquel, c) el enfoque basado en el cliente supone que el cliente puede valorar la calidad de forma subjetiva en función de sus necesidades y expectativas; d) el enfoque centrado en el proceso de fabricación consiste en acercar el producto a sus especificaciones de diseño y beneficia principalmente a la empresa; e) el enfoque basado en el valor de mercado supone que dicho valor de mercado integra todas las cualidades del producto y que, por tanto, evalúa la calidad del producto.

Las dimensiones de la calidad (Tabla 1) son diversas perspectivas que se pueden adoptar para valorar las cualidades de un producto. Las características principales se corresponden con las prestaciones definitorias del producto; para una BDG algunas de sus características definitorias pueden ser el área que cubre o la resolución espacial. Las características secundarias son prestaciones adicionales que complementan el equipamiento o prestaciones del producto o servicio (p.e. el formato -DXF, DGN- o el propio soporte). La consideración de una característica como secundaria o principal no es neta, depende en gran medida del mercado (clientes y tiempo).

La conformidad con las especificaciones supone el grado de cumplimiento del diseño por parte de las características anteriores. A diferencias de las características anteriores, ligadas al concepto de calidad teórica esta componente se relaciona con la calidad técnica, y por ello resulta de los recursos, tecnología y procedimientos puestos en juego en la producción.

El comportamiento en servicio se refiere a la fiabilidad y disponibilidad, mientras que la duración es la vida o periodo entre su entrada en servicio y su abandono o sustitución por otro. Otras dimensiones de interés son el servicio o asistencia técnica que soporta el producto, su estética o conjunto de propiedades de acabado y la percepción que se tiene sobre el propio producto.

De toda la aproximación realizada al concepto de Calidad se puede sacar algún factor en común. A mí me gusta destacar la idea de Medida. La medida como base de la calidad, y por ello me gusta poner siempre la siguiente cita de Lord Kelvin: Lo que no se define no se puede medir, lo que no se mide no se puede mejorar, y lo que no se mejora se degrada siempre.

Tabla 1.- Enfoques y dimensiones de la Calidad

Enfoques	Dimensiones
Enfoque trascendente	Características principales
Enfoque basado en el producto	Características secundarias
Enfoque basado en el cliente	Conformidad con las especificaciones
Enfoque basado en la fabricación	Comportamiento en servicio
Enfoque basado en el valor	Duración
	Servicio y asistencia técnica
	Estética
	Percepción

Calidad y cartografía

Pero nuestro interés profesional está en la Cartografía, y por ello nos debemos hacer la siguiente pregunta: ¿es importante la calidad para la cartografía?, o expresada de otra forma, ¿es suficientemente importante la Cartografía como para que debamos hablar de Calidad?. Es obvio que resulta fundamental contestar afirmativamente estas preguntas pues de lo contrario no tendría sentido seguir profundizando en el tema.

La Cartografía consiste en hacer modelos de la realidad. Estos modelos se plasman en productos (p.e. mapas o bases de datos geográficas -BDG-) que se utilizan como base o información cuyo análisis permite el desarrollo de proyectos, planes y políticas, es decir, actuaciones y programación de inversiones.

De una forma abstracta, y muy general, podemos decir que el hacer cartográfico (Figura 1) no es más que un proceso de transformación de datos e informaciones del mundo real en un producto o productos cuya explotación sirve para la toma de decisiones, muchas veces con importantes consecuencias económicas, sociales, ambientales, etc.

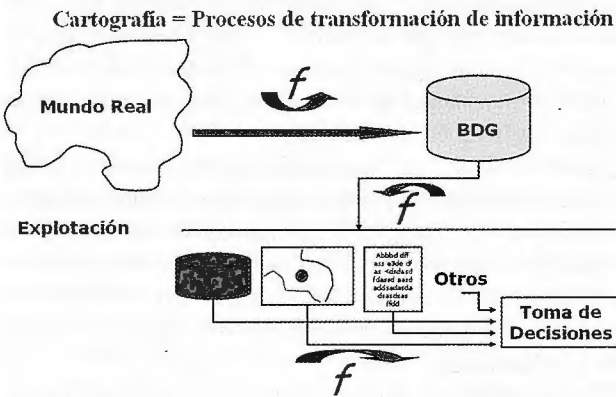


Figura 1.- Cartografía como proceso de creación de modelos y transformaciones de la información para el apoyo a la toma de decisiones

Es justamente por este papel de elemento base para la toma de decisiones que la Calidad es importante para la Cartografía y que a ésta tenemos que entenderla más como un conjunto de procesos de ingeniería que como un arte. Cuanto más importantes sean las consecuencias del uso de la cartografía más importante debe ser el cuidado de su calidad.

Pero siendo ingeniería, el hacer cartográfico es algo distinto del hacer de otras ingenierías pues la materia base no es un metal u otro material que se manipule para dar un producto con cierta forma, aquí trabajamos con datos y modelos en un proceso complejo en el que se concatenan sucesivas transformaciones que incrementan los niveles finales de incertidumbre, es decir, del elemento que justamente se quiere reducir en la toma de decisiones. La Figura 2 (Lunetta y col.) muestra gráficamente esa tendencia general de incremento de los niveles de incertidumbre asociados a los productos cartográficos.

Si bien ya lo hemos mencionado, no hemos dedicado al dato geográfico ningún comentario, y éste es un elemento clave en el ámbito de la calidad en cartografía. Todos sabemos, al menos de una forma intuitiva, qué es el dato geográfico. Podemos definirlo como todo aquello que nos informa/contesta a una serie de preguntas como: dónde, cuándo, cómo, cuánto... y por ello hemos de considerar

que el dato geográfico posee varias dimensiones: espacio, tiempo, atributos..., Y lo importante, es que cada una de ellas puede ser observada desde la perspectiva de su calidad, estas serán las componentes de la calidad del dato geográfico que volveremos a mencionar más adelante.

Así vista, la cosa podría parecer fácil, pero la información geográfica es complicada, todos lo sabemos: es voluminosa, dependiente de la escala, borrosa, dinámica, encadena numerosos procesos, muchos procesos y algoritmos son realmente modelos, etc. Por tanto, si realmente estamos preocupados por dar un servicio útil y de valor es importante que la Calidad, en el sentido más amplio de la palabra, se tenga en cuenta.

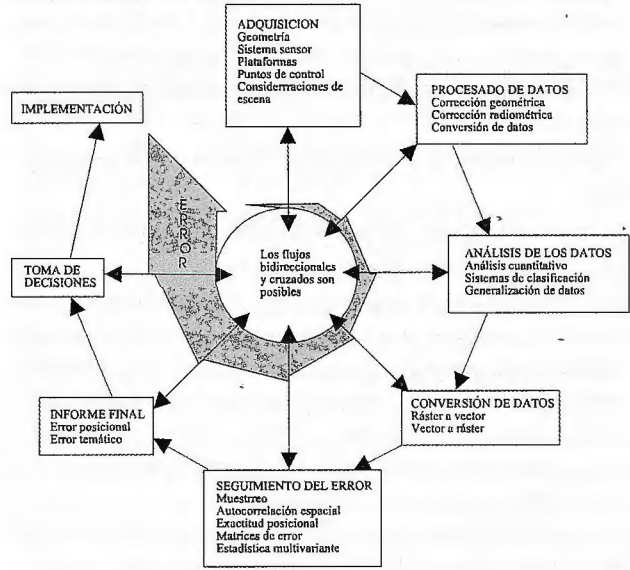


Figura 2.- Idea de incremento de los niveles de incertidumbre en un proceso de teledetección

FACTORES DE LA CALIDAD

Convencidos ya de la importancia de la calidad en los procesos de producción cartográfica en este apartado vamos a apuntar algunos elementos o factores que determinan la calidad final de los productos cartográficos.

Para orientar el análisis quizás convenga recordar la existencia de dos perspectivas: productores y usuarios. Analizando el hacer de los productores podemos pensar en el hecho de que todo producto o servicio pretende cubrir o satisfacer una necesidad y que dicho producto se realiza siempre a partir de un diseño. De esta forma, para el productor la calidad significaría el grado de cumplimiento del diseño.

Los productores pueden ser uno o varios, pero los clientes o usuarios pueden ser muchos y diversos, cada uno de ellos con unos usos o aplicaciones distintos y tales que generan necesidades o demandas específicas (Figura 3). De esta forma un mismo producto puede presentar diversas aptitudes frente a distintos usos y, por tanto, distintos niveles de calidad y satisfacción en los usuarios. Este aspecto de relatividad y de adecuación al uso no se debe de olvidar nunca.

Por otra parte, puede ocurrir que un buen diseño que satisfaría un cliente no se ejecute adecuadamente. Por ello debemos distinguir entre calidad teórica y calidad técnica. La primera se refiere a la calidad del producto en tanto y cuanto al diseño concebido mientras que la segunda se refiere a la realización práctica del producto en cada proceso de producción.



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

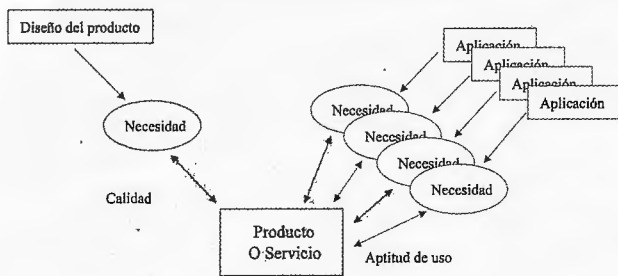


Figura 3.- La calidad de un diseño (producto o servicio) como algo relativo dependiente del uso o aplicación que realice cada usuario

Desde la perspectiva de productor/usuario presentada anteriormente, para el productor la calidad es el grado de cumplimiento del diseño, es decir, la diferencia entre lo diseñado y lo producido y los principales problemas son: los costes de mala calidad, la indefinición de procesos y la variabilidad en la producción. Sin embargo, el mercado lo forman los clientes y por ello la verdadera dimensión de la calidad se observa desde esta perspectiva en la que cada usuario tendrá una sensación de calidad distinta. Aquí, como ya se ha indicado, cada usuario plantea unas necesidades, por lo que la calidad debe ser entendida como la adecuación al uso del diseño del producto, matizado por su realización práctica. Los problemas aparecen en este caso cuando el producto no se ajusta a las necesidades, cuando hay falta de información o se crean falsas expectativas y cuando el producto o servicio tienen variabilidad. Esta perspectiva, la del cliente, es más compleja que la anterior, pero es la que, al fin y a la postre, hemos de tener en cuenta pues los clientes son el mercado.

De todo lo anterior se pueden deducir ya cuáles son los principales macrofactores que afecta a la calidad de un producto, cartográfico o de cualquier otra índole, esto son:

- El propio diseño del producto.
- La realización del producto.

Factores que, desde una perspectiva más amplia, quedan cubiertos por lo que podríamos denominar "Calidad de la Organización Productora", dado que si la organización productora es "de calidad", tendrá unas pautas que permitan asegurar los diseños y sus realizaciones. Por tanto, los macrofactores a considerar son:

- Diseño del producto.
- Realización, proceso o procesado.
- Organización.

Diseño

Un buen diseño es la base de un buen producto. El diseño debe realizarse con una perspectiva completa sobre el producto, es lo que se denomina ciclo de vida del producto (Figura 4). Este ciclo deber ser analizado y especificado en todos sus términos, y es una perspectiva que debe ser incorporada en Cartografía. Básicamente, las fases o etapas de este ciclo son las siguientes:

- Una etapa de marketing, donde se detectan necesidades y demandas.
- Etapa de diseño, en la que se define el producto en todas sus dimensiones.
- Etapa de elaboración, donde se procese a la fabricación propiamente dicha.
- Etapas de preparación para la entrega y postventa.



Figura 4.- Ciclo de vida de un producto o servicio cartográfico

A continuación se analizarán los principales aspectos de este ciclo de vida.

Empecemos con el marketing. La calidad es una herramienta estratégica que debe asegurar la pervivencia de la organización, por ello se debe asegurar que el producto que se va a producir sea no sólo ya de calidad, sino beneficioso para los intereses de la empresa, para adquirir una situación más predominante en el mercado.

El diseño no debe atender sólo a criterios ingenieriles y técnicos, debe ser ajustado a las necesidades y gustos del mercado, pues en caso contrario el producto no tendrá una adecuada salida y eso no es lo que pretende la organización. Por tanto el diseño debe ser capaz de captar las necesidades del cliente, lo que se denomina la voz del cliente y llevar esta guía hasta la línea de producción. El marketing conjugado con técnicas avanzadas como el despliegue de la función de calidad (quality function deployment) mediante el uso de la casa de la calidad (house of quality) son instrumentos adecuados a este fin.

El propio diseño del producto es un factor clave. En el ámbito de la ingeniería se sabe que cuanto más esfuerzo se realiza en un diseño tanto más fácil, cómoda y hasta económica es la implementación material del elemento diseñado. Las dos fases que más nos pueden interesar del diseño son la definición completa del propio producto y el establecimiento de sus métodos de producción. Estas definiciones deben ser entendibles, operativas y manejables a la vez que detalladas, abarcando todas las características, factores, tolerancias, y atentas al proceso.

Aplicar las normas del sector es importante, pues la adherencia a normas es una cualidad positiva de todo producto. La normalización del diseño no deja de tener vigor e importancia, pues un diseño que use el mayor número posible de aspectos normalizados será un diseño más apreciado por el cliente y más cómodo para la organización.

El establecer unas especificaciones técnicas rigurosas, no ambiguas, completas y exhaustivas, es uno de los resultados más importantes de esta fase. La definición extensa y rigurosa del producto es otra clave del diseño. Los productos poco definidos en el ámbito cartográfico dan lugar a la interpretación y esto es una fuente de variabilidad que genera numerosos problemas. La definición y estandarización debe abarcar todo lo que afecta al producto, ya sean procesos y trabajos internos como los suministros de terceras partes.

En el ámbito industrial hay algunos factores de calidad, como la fiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad que deben tenerse muy en cuenta en el propio diseño.

Tabla 2.- Bases de la definición de un producto o servicio cartográfico

- Seguir la voz del cliente
- Entendible, operativa y manejable
- Exhaustiva y Detallada
- Todas las características, factores y tolerancias
- Basada en la referencia a normas
- Basada en procesos estandarizados
- Atenta al proceso
- Definiendo los procesos.

Estas perspectivas también deben incluirse en el desarrollo de productos y servicios geomáticos que ofrezcan utilidades de carácter crítico (p.e. gestión de emergencias). Desde un punto de vista más cartográfico podemos destacar todos los elementos que propone ISO 19113 como factores de la calidad:

- Compleción (modelo /datos).
- Consistencia lógica (formato, topológica, etc.)
- Exactitud posicional (absoluta, relativa, geométrica)
- Exactitud temporal (actualidad)
- Exactitud temática (cuantitativo, no cuantitativo)

Todos ellos deben tenerse en cuenta en el diseño, no tanto para establecer unos requisitos que marquen la calidad pretendida del producto, como para orientar los procesos y métodos, para que realmente sean alcanzables dichos niveles.

Un factor de gran importancia para la nuestras BDG es la interoperabilidad, integrabilidad o confrontabilidad de los productos cartográficos. Desde un punto de vista cartográfico la interoperabilidad se refiere al grado en que dos bases de datos geográficas procedentes de productores distintos pueden trabajar conjuntamente ofreciendo alguna ventaja (por ejemplo, una ortofoto de una zona y un mapa vectorial de la misma zona, o la integración de la información de una base topográfica y otra catastral). Los principales factores que limitan la interoperabilidad en cartografía son los modelos de datos, la semántica de las aplicaciones y los aspectos posicionales (ver Figura 5 como ejemplo de problema posicional de interoperabilidad). Si se pretende que el producto permita la interoperabilidad con otros productos del mercado, este será un aspecto de gran importancia en el diseño.

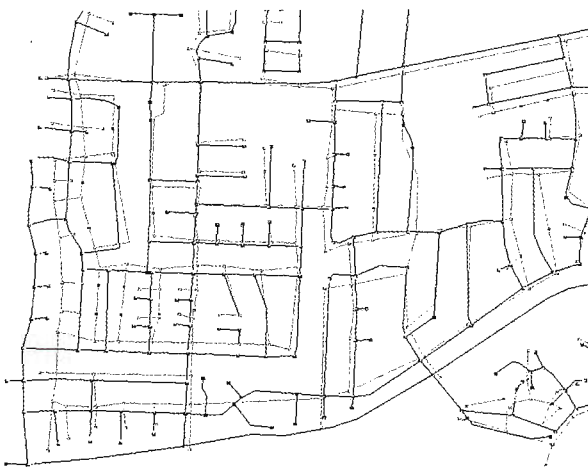


Figura 5.- Ejemplo de problema de interoperabilidad de dos BDG

El disponer de abundante información acerca del producto siempre es un signo de calidad. Esta información debe ser clara, explícita y exhaustiva, de tal manera que permita

al usuario una evaluación completa de la idoneidad del producto frente a sus requisitos concretos. Y no estamos hablando sólo de metadatos, consideramos que, como cualquier otro producto del mercado, los productos cartográficos deben ir acompañados de sus especificaciones técnicas y de un manual de usuario.

En línea con todo lo anterior también está dotar al producto de una garantía, es decir, de un compromiso explícito y público que asume el productor de que el producto mostrará un nivel definido de fiabilidad durante un tiempo determinado.

De la elaboración se deriva la calidad técnica, práctica o real del producto. En la elaboración no sólo se deben respetar las normas del sector, sino que deben cumplirse otras normas de carácter más general, como las ambientales y de seguridad e higiene en el trabajo. En el caso de subcontrataciones se debe disponer de unos pliegos de prescripciones técnicas que aseguren adecuadamente la calidad de los trabajos, con cláusulas de calidad acordada. El control y aseguramiento de la calidad del producto es otro aspecto fundamental de esta fase, ya sea de los productos subcontratados como de los producidos en casa.

En el ámbito de la calidad todas las actividades que tienen relación con el cliente son críticas, este es el caso de la preparación para la entrega y servicio postventa y por ello también deben ser diseñadas correctamente.

La revisión del pedido, tal que se corresponda con lo demandado, es fundamental, en nuestro caso podemos estar hablando de: formatos, ventana geográfica de interés, la existencia de metadatos, etc. Aquí tengo numerosas experiencias personales negativas en una la compra de cartografía: equivocación de la ventana geográfica de interés, en el formato solicitado, etc. También tengo alguna experiencia similar en la adquisición de imágenes de satélite y sus niveles de procesamiento con alguna prestigiosa distribuidora internacional. Esto genera retrasos, sobre costes, y pérdida de negocio.

La postventa es una etapa que va a tener cada vez más relevancia en el entorno geomático pues son ya muchas las oportunidades de negocio que suponen licencias de uso y compromisos de actualización por parte de las empresas productoras. Ejemplo de ello son las cartografías de los sistemas de navegación de vehículos, o en el caso de España algunos contratos que vienen firmando algunos ayuntamientos con empresas de restitución fotogramétrica. De cualquier forma, la parte más importante del mercado está donde está el grueso de los consumidores, en la sociedad civil, y orientado a ellos están múltiples servicios (Web, Wap, etc.) que necesitan mucha atención desde este punto de vista. La postventa puede ser una fuente de información muy valiosa para el marketing, y también para la fidelización o pérdida de clientes.

Proceso

Los procesos de realización del producto son, en su conjunto, el siguiente gran macrofactor indicado como relevante de la calidad de un producto cartográfico.

Como ya se ha apuntado anteriormente en el apartado dedicado al diseño, el flujo de procesos y operaciones deberá estar especificado de manera clara e inequívoca, esto supone indicar: especificaciones, métodos, máquinas, operarios, tolerancias, criterios de actuación frente a eventualidades, etc. Son muchos los procesos que podríamos considerar aquí (levantamientos en campo, apoyos, restituciones, digitalizaciones, conversiones, etc.), y por ello hemos de buscar algún factor común para dar recomendaciones generales. Podemos considerar que frente a los procesos hay un aspecto de relevancia para que realmente se mantengan eficaces y eficientes, este es:

- Atender a la voz del propio proceso.

Atender a la voz del proceso significa comprender verdadera y totalmente cada proceso y obtener del mismo un conjunto de mediciones que indiquen la situación en que se desenvuelve para poder actuar si se considera conveniente (p.e. corrección y prevención). La información más relevante y caracterizadora de un proceso es su variabilidad. La variabilidad es la raíz de muchos «males» y constituye una fuente de insatisfacción para los clientes y de problemas para el productor.

La variabilidad es algo connatural a todo proceso pero debe estar acotada. En relación a la variabilidad se define el concepto de capacidad de un proceso. Un proceso capaz es aquel que permite obtener el producto con una variabilidad acotada. De esta forma los procesos pueden estar bajo control (variabilidad acotada por unas tolerancias) o fuera de control (cuando se sobrepasan los límites de variabilidad marcados). En la actualidad hay toda una filosofía, denominada seis sigma, que se despliega para obtener procesos mejorados, con gran capacidad, tal que el número de fallos se reduce hasta 3,4 veces por millón de oportunidades.

Organización

El último macrofactor que afecta a la calidad es la propia organización (empresa, administración, instituto cartográfico...) en la que se produce la cartografía y, como ya se ha adelantado, en un entorno cada vez más fabril.

Las organizaciones son un factor clave puesto que el diseño y la producción se resuelven dentro de unos esquemas organizativos y con unos claros propósitos para la propia entidad, por ello realmente este macrofactor está, y así debe ser, por encima de los anteriores.

Después de una larga evolución histórica con numerosas etapas o enfoques desde los que se ha planteado la calidad en las organizaciones (calidad del producto, del proceso, control de calidad total, calidad total... modelos de excelencia), hoy debemos hablar de calidad de la organización.

La calidad de las organizaciones es otro factor, el más importante, a la hora de hablar de calidad del producto de una manera sostenida. La calidad de la organización supone la sensibilidad hacia los aspectos de la calidad desde una perspectiva cada vez más global, y que ha de incluir tanto el mercado como las aspiraciones de la propia orga-

nización y la sociedad. Esta sensibilidad se plasma en la adopción de algún modelo (p.e. EFQM) o en el desarrollo de alguna opción propia pero tales que suponen la existencia de una gestión de los asuntos de la Calidad. Es decir, el desarrollo de un conjunto de actividades que se desempeñan usando la Calidad como una herramienta estratégica.

Esta gestión da lugar a que la organización implante lo que se denomina un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) (por ejemplo ISO 9000). Es decir, un marco que permita hacer las cosas bien a la primera y en el que la transparencia y especificación (decir lo que se va a hacer y hacer lo que se ha dicho) juegan un papel primordial de cara a ser cada día mejores. En la actualidad se consideran los siguientes principios para los SGC:

- Enfoque al cliente.
- Liderazgo.
- Participación del personal.
- Enfoque basado en procesos.
- Enfoque de sistema para la gestión.
- Mejora continua.
- Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones.
- Relaciones mutuamente beneficiosas con los proveedores.

Como se puede deducir, algunos de estos ítems están directamente ligados a aspectos ya avanzados como factores de la calidad de los productos. Por ejemplo, la obtención de la voz del cliente y el enfoque al cliente pertenecen a la misma esfera; otro ejemplo viene de la mano del enfoque basado en hechos, la voz del proceso nos da hechos, medidas, para tomar decisiones sobre los procesos.

Dado que para que una organización sea de calidad debe tener implantado algún SGC nos debemos preguntar cuáles son las bases de estos sistemas. De una manera resumida, bajo mi punto de vista los elementos fundamentales son los siguientes:

- Sistema documental.
- Reparto de responsabilidades.
- Información relevante.
- Mejora continua.
- Las personas.

A continuación pasamos a revisarlos, aunque de una manera sucinta.

Sistema documental

El sistema documental es una de las partes más evidentes, superficial y burocrática de un SGC. Éste se conforma como un sistema jerarquizado de documentos. Muchos de ustedes ya han oído hablar de los manuales de calidad. La importancia del sistema documental radica en que debe explicitar todo aquello que es relevante para la calidad, que es la herramienta de comunicación base orientada a la calidad, con la que se pretende reducir la ambigüedad (que genera variación) y además permite el seguimiento (trazabilidad) de los procesos.

Responsabilidades

Un proceso sin responsable es un claro ejemplo de oportunidad para que se generen disfuncionalidades en la em-



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

presa. Por ello el reparto de responsabilidades es otra de las claves de los SGC. Las responsabilidades de cada cual deben estar claras. Cada proceso, ya sea productivo, administrativo o gerencial, debe tener un propietario que lo maneje y mantenga dentro de control mediante la información que proviene de los procesos de realimentación y criterios establecidos en los manuales, los procedimientos, guías u otra documentación que le sea de aplicación (Figura 6).



Figura 6.- Marco de actuación del propietario y responsable de un proceso

Información

La toma de decisiones requiere de información relevante para el asunto. En una organización se necesita información en sus niveles estratégico, táctico y operativo. Esta información debe estar disponible en cada nivel y al tiempo en el que se necesita; por ello el SGC debe tener especial cuidado en diseñar los mecanismos adecuados para la generación, difusión y uso de dicha información. Las principales características de esta información es que debe ser: suficiente, relevante, objetiva, disponible, accesible, actual e histórica.

Mejora continua

La calidad supone avanzar de manera continuada, el quedarnos donde estamos supone pérdidas de oportunidades, pérdida de elementos de calidad frente a otros competidores que incluyan mejoras en sus productos, pues los niveles de exigencias de mercado se incrementan con el tiempo. La mejora continua es el motor que ayuda a subir esta cuesta, la de los problemas de falta de calidad y la de búsqueda de soluciones estratégicas. Su ciclo básico se denomina ciclo de Deming (Plan, Do, Check, Act) (Figura 7).

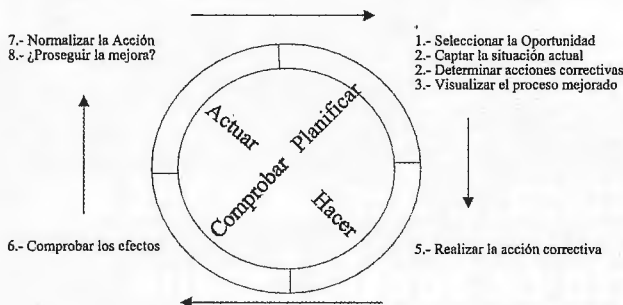


Figura 7.- Ciclo de Deming

La mejora debe estar instaurada en la organización como algo propio, intrínseco, asumido. Por ello es importante que el SGC contemple los mecanismos necesarios para que esta actividad se desarrolle de una manera natural dentro de la organización.

Para desarrollar actividades de mejora (activa, reactiva o proactiva) hay numerosas herramientas y técnicas. Están las denominadas siete herramientas básicas (diagramas de Pareto, Ishikawa, gráficos de control, histogramas, estratificación, etc.), y las denominadas siete herramientas avanzadas (diagramas de afinidad, de relaciones, de procesos, etc.).

Las personas

Finalmente, con la idea de hacer una gran llamada de atención sobre todo lo que significa la filosofía actual de los SGC indicar el papel relevante de las personas. Sin las personas, desde los equipos directivos hasta los trabajadores de menos responsabilidad, no es posible sacar adelante una organización de calidad y competitiva. Por ello es fundamental cuidar las personas como uno de los principales capitales de la empresa. Esto conlleva cierto mimo en lo personal y en lo colectivo, escuchar, favorecer la participación y las iniciativas, dar información y formación adecuada, permitir la promoción, dar responsabilidad y premiar la obra bien hecha (¡¡a tiempo!!).

CONCLUSIONES

En este documento se han presentado los principales factores que afectan a la calidad de un producto/servicio cartográfico. Estos factores, en su mayor parte, son idénticos a los que pueden afectar a cualquier otro producto o servicio no cartográfico y por ello conviene usar la transferencia de ideas y tecnologías desde otras industrias más punteras (p.e. automovilística, militar, espacial, financiera, etc.) hasta la cartográfica.

La Calidad es un concepto amplio y su evaluación depende del propósito de cada cual, pero está estrechamente ligada al método, a la medida y a la mejora continua. La calidad debe ser entendida como una estrategia por parte de las organizaciones para cuyo despliegue necesitan de los Sistemas de Gestión de la Calidad. Se ha realizado especial hincapié en mostrar los elementos del diseño que le afectan, por ello podemos afirmar que la calidad no se improvisa, todo lo contrario, se diseña y luego se ha de fabricar y vender.

BIBLIOGRAFÍA

- Introducción al concepto
 Cuatrecasas, L. (1999). Gestión Integral de la calidad. Implantación, Control y Certificación. Gestión 2000.
 Harrington, H. (1987). Poor Quality Cost. ASQC Quality Press.
 Ishikawa, K. (1985). What is total quality control? The Japanese Way. Prentice Hall Inc.
 James, P. (1997). La gestión de la calidad total: Un texto introductorio. Prentice Hall.
 Juran, J.; Blanton, A.; Blanford, A. (1998). The Juran's Quality HandBook. McGraw-Hill Professional.
 Juran, J.; Gryna, J. (1980). Quality Planning and Analysis. McGraw-Hill.
 Merli, G. (1993). Eurochallenge. The TQM Approach to Capturing Global Markets. IFS, Ltd.
 Gestión de la calidad
 CERCO (2000). Handbook for implementing a Quality Management System in a National Mapping Agency. CERCO Working Group on Quality.
 EFQM (1999). Information Brochure: The European Quality Award. European Foundation for Quality Management.
 ISO (2000). Quality management systems: Fundamentals and vocabulary (ISO 9000:2000). International Standardization Organization.
 ISO (2000). Quality management systems: Guidelines for performance improvements (ISO 9004:2000). International Standardization Organization.

ISO (2000). Quality management systems: Requirements (ISO 9001:2000). International Standardization Organization.

Control y costes.

Besterfield, D. (1994). Quality control. Prentice Hall.

Cochran, W. (1977). Sampling Techniques. John Wiley & Sons.

Davis, J. (1986). Statistics and Data Analysis in Geology. Wiley & Sons. New York.

Hansen, B.; Ghare, P. (1987). Quality control and application. Prentice Hall.

Montgomery, D. (2001). Introduction to statistical quality control. John Wiley & Sons.

Webster, R.; Oliver, M. (1990). Statistical methods in soil and land resource survey. Oxford University Press.

Arenas, J. (2000). Control de tiempos y productividad, la ventaja competitiva. Ed. Paraninfo Thomson Learning.

Campanella, J. (1992). Principios de los costes de la calidad. Ed. Díaz de Santos.

Harrington, H. (1990). El coste de la mala calidad. Ed. Díaz de Santos.

ISO (1985). Sampling procedures for inspection by attributes. Part 2: Sampling plans indexed by limiting quality (LQ) for isolated lot inspection (ISO 2859-2:1985). International Standardization Organization.

ISO (1999). Sampling procedures for inspection by attributes. Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection (ISO 2859-1:1999). International Standardization Organization.

Mejora

Zaidi, A. (1990). QFD Quality Function Deployment. Technique et Documentation Lavoisier.

Akao, Y. (1990). Quality Function Deployment. Productivity Press, Cambridge, MA.

Asao, Y. (1993). Despliegue de funciones de calidad, integración de necesidades del cliente en el diseño del producto. TGP-Hosting SL.

Escalante, E. (2003). Seis Sigma, metodología y técnicas. Ed. Limusa.

Lowenthal, J. (2002). Guía para la aplicación de un proyecto seis sigma. Ed. Confemetal.

Galgano, A. (1995). Los 7 instrumentos de la calidad total. Ed. Díaz de Santos.

Vilar, J.F. (1998). Las 7 nuevas herramientas para la mejora de la calidad. Ed. Confemetal.

Elementos de calidad en cartografía, procesos, etc.

Ariza, F.J. (2002). Calidad en la producción cartográfica. Ed. Rama.

Ariza, F.J., García, J.L., Amor, R. (2004). Casos prácticos de calidad en la producción cartográfica. Ed. Universidad de Jaén.

Congalton, R.; Green, K. (1998). Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and Practices. Lewis Publishers.

FGDC (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards. Federal Geographic Data Committee.

ISO (2002). Geographic Information: Quality principles (ISO 19113). International Standardization Organization.

ISO (2003). Geographic information: Metadata (ISO 19115). International Standardization Organization.

ISO (2003). Geographic Information: Quality evaluation procedures (ISO 19114). International Standardization Organization.

Maune, D. Ed. (2001). Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual. ASPRS.

MPLMIC, (1999). Positional Accuracy Handbook. Minnesota Planning Land Management Information Center.

NDEP (2004). Guidelines for Digital Elevation Data, Version 1.0. National Digital Elevation Program.

Shi, W.; Fisher, P.; Goodchild, M. Ed (2002). Spatial Data Quality. Taylor and Francis.

Guptill, S., Morrison, J. Ed. (1995). Elements of Spatial Data Quality. Pergamon, Elsevier Science.

Goodchild, M.F. Kemp, K.K., eds (1990). NCGIA Core Curriculum in GIS. National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara CA.

Heuvelink, G. (1998). Error propagation in Environmental Modeling. Taylor & Francis.

Maling, D. (1989). Measurements from Maps. Pergamon Press.

Veregin, H. (1989). Taxonomy of Errors in Spatial Data Bases. Technical Paper 89-12. NCGIA.

Veregin, H.; Giordano, A. (1994). Il controllo di qualità nei sistemi informativi territoriali. Il Cardo.

Solución Global para GPS y Estación Total

- Totalmente enlazados con todos los Programas de PC de uso habitual en España (Ispol, Cartomap, Clip, TCP-IP, etc)
- Compatible con todas las Estaciones Totales y GPS del mercado (Topcon, Leica, Sokkia, Thales, Sokkia, etc).
- Capaz de Trabajar en cualquier PDA con Windows Ce 3.0 ó Superior, Pocket Pc 2000 ó Superior, y EPOC-16/32.
- Actualizaciones y Mejoras continuas y Gratuitas.

- Mas de Mil licencias nos avalan.

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

www.betop.es

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



Propuesta de un Sistema de Información Geográfico para la Gestión Ambiental de las Cuencas Hidrográficas en Cuba.

Sayuri Mendes Corzo
Master en Ciencias Geográficas, UH, CUBA

Introducción.

La política ambiental en Cuba está encaminada a preservar y desarrollar los logros ambientales alcanzados, superar los errores e insuficiencias detectadas e identificar los problemas del medio ambiente en el país, que requieren de mayor atención en las condiciones actuales, sentando las bases para un trabajo más efectivo, en aras de alcanzar las metas de un desarrollo económico y social sostenible.

En mayo de 1997 se crea el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (CNCH) por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros de Cuba en su acuerdo 3139 de ese mismo año, este lo preside la Dra. Rosa Elena Simeón Negrín, Ministra del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), en el que están representados diversos organismos como son: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), ministerio de la Agricultura (MINAGRI), Ministerio del Azúcar (MINAZ), Ministerio de la Pesca (MIP), Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR), Ministerio de Educación (MINED), Ministerio de Economía y Planificación (MEP), Ministerio de Salud Pública (MINSAP) y el Ministerio del Interior (MININT) a través del Cuerpo de Guardabosques. Con la creación del CNCH se inició un nuevo estilo de trabajo ambiental en Cuba. Se seleccionaron Cuencas de interés nacional y provincial y se crearon los Consejos de Cuencas Específicas (de interés Nacional) y Provinciales, con el objetivo general de crear y poner en operación, a nivel nacional y territorial, una estructura con la capacidad de manejar ambiental e integralmente las principales cuencas hidrográficas, identificando a través de diagnósticos ambientales los problemas de mayor relevancia, donde se elaboran los planes de mitigación correspondiente a cada caso.

Se considera a la Cuenca Hidrográfica la unidad básica para el manejo integral de un territorio por ser donde se establece el funcionamiento hidrológico con el consiguiente intercambio de materia y energía entre los diferentes componentes del medio; constituye la superficie receptora de las precipitaciones, determina el caudal de los ríos e interviene en los demás parámetros del ciclo hidrológico, influyendo así en los mismos.

Por el gran volumen de información que se genera en el proceso de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, en la actualidad, en el ámbito mundial, se han empezado a emplear los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las nuevas tecnologías como una herramienta para agilizar esta tarea. Los SIG dan respuesta a las necesidades de

manejo de la información para el desarrollo sostenible mediante la evaluación en el espacio y en el tiempo de los cambios naturales, sociales y productivos derivados de las nuevas formas de uso y tenencia de la tierra, y de las transformaciones ocurridas.

El Consejo nacional de Cuencas Hidrográficas ha desarrollado algunos esfuerzos por lograr el diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica para la toma de decisiones en las cuencas de interés nacional y provincial, existe experiencia

en la cuenca del Toa, pero no se ha logrado la integración de todos los actores vinculados. Por lo que objetivo principal de este trabajo es:

Proponer un diseño de un Sistema de Información Geográfica para las cuencas hidrográficas de Cuba, que favorezca al almacenamiento, manipulación y análisis de la información para facilitar la gestión ambiental de las mismas. Con la participación de los Organismos de la Administración Central del Estado (OACE) del Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas y otras instituciones con experiencia en el tema.

Como objetivos específicos:

1. Crear las bases cartográfica digital de cada una de las cuencas de interés nacional.
2. Crear las bases de datos en formato digital que permitan la caracterización y el diagnóstico de las cuencas de interés nacional.
3. Establecer las bases teórico-metodológicas asociadas al diseño de un Sistema de Información Geográficas para la gestión ambiental de las cuencas.

Materiales y Métodos.

La propuesta de diseño del SIG para la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas en Cuba consta de varias fases: la implementación y el manejo, como se detallan en el esquema que presentamos en el fig.1.

En la Implementación del sistema participa todo el equipo multidisciplinario, que en las condiciones de Cuba lo integran los diferentes organismos e instituciones que tienen interés en las cuencas (miembros del CNCH), así como otras instituciones y abarca las etapas de organización, caracterización y construcción de la base de datos.

La fase de Manejo, se lleva a cabo por parte de los usuarios del sistema, que no son más que los participantes y los Consejos de Cuencas a las diferentes instancias; abarca el análisis y la presentación de los resultados.

La Organización define el alcance de las tareas a realizar y comprende la determinación de los objetivos para los que

se diseña el SIG, cuestión esta fundamental para obtener los resultados esperados. Otro de los aspectos que se define en esta etapa es el diseño del Sistema para el Manejo de la Información, quien y en que forma se manejará la información, niveles de acceso de la misma, unidad mínima de manejo de la información. Esta primera etapa concluye con la definición de la composición del equipo multidisciplinario que participará en la realización de los trabajos, el cronograma de actividades y el cálculo del presupuesto económico para la realización de los trabajos.

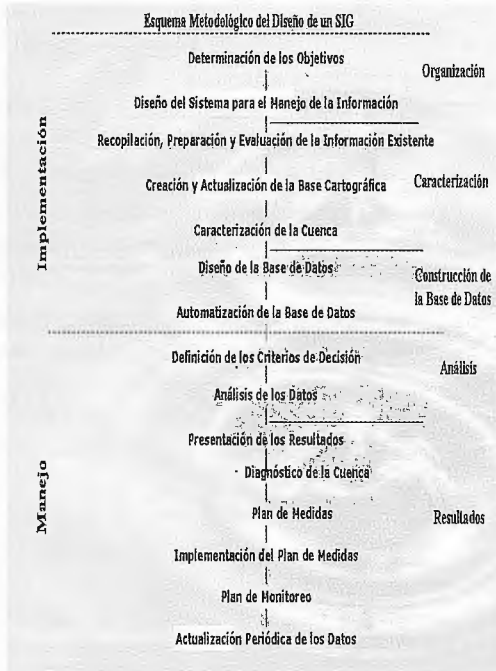


Fig.1 Esquema metodológico del Diseño de un SIG.

En la etapa de Caracterización se recopila, prepara y evalúa la información existente, es una de las tareas fundamentales en el desarrollo de nuestro sistema, error que se cometa en esta se arrastrará permanentemente por lo que el dato debe de tener las siguientes exigencias:

- debe ser utilizable, es decir, debe dar respuesta a los objetivos planteados en la etapa de organización;
- debe garantizar las exigencias requeridas de precisión y de calidad garantizada de acuerdo a su temática y escala;
- deberá ser lo más actualizado posible;
- se debe evitar redundancia en cuanto a la información de datos correlacionados;
- la información debe aparecer representada sobre un material poco deformable;
- debe estar definido el grado de detalle del contenido con que deben tomarse los datos.

También se lleva a cabo la creación y actualización de la base cartográfica que será la base de toda la información, por lo se deberán seguir los siguientes requerimientos para su digitalización:

- cada atributo espacial (puntos, líneas y polígonos) tendrá asociada sus correspondientes datos alfanuméricos.
- los elementos topográficos lineales de los originales del azul y del negro se les realizará topología de redes, una vez que se le haya asociado la información alfanumérica.

- los elementos topográficos puntuales y areales de los originales del azul y del negro se le realiza topología de nodos y de polígonos según corresponda.

- la información se almacena por capas temáticas agrupadas según el contenido a representar en la base cartográfica digital.

Se completa y actualiza la información temática existente, se homogeniza toda la información y se caracteriza finalmente la cuenca:

1. físico-geográfica (geología, relieve, geomorfología, clima, hidrología, suelos, vegetación y flora, fauna y riesgos naturales)
2. socio-cultural (población, asentamientos, infraestructura, educación, salud, uso y tenencia de la tierra)
3. de las principales actividades productivas (agricultura, forestal, ganadería, acuicultura, turismo, etcétera)
4. de los principales problemas ambientales (focos contaminantes, abasto de agua, saneamiento)

Al final de esta etapa conoceremos la vocación de la cuenca y los principales problemas de la misma, lo que nos servirá para enfatizar en los aspectos fundamentales y de mayor interés durante la construcción de la base de datos, es decir, si la cuenca es de vocación agrícola se deben resaltar y especificar mucho más en la información de este tipo (suelo, uso de la tierra, vegetación, hidrografía y climatología); si el interés de la misma es social, estos serán los temas a especificar (distribución de la población masculina y femenina, y por edades, tasa de mortalidad, migraciones, salario, etc)

En la Construcción de la base de datos es donde se organiza y codifican los datos para su entrada al Sistema, de manera que les permitan ser utilizables, esta es la etapa que más tiempo requiere dentro de la implementación; comprende la generación de un sistema de base de datos gráfica y alfanumérica, para ello se realiza el diseño de la base de datos y la automatización de los datos (entrada de datos). Para lograr una eficiente base de datos en el proceso de automatización de los mismos se deben seguir los siguientes pasos:

1. preparación de los datos;
2. georreferenciación de los datos;
3. digitalización de la información gráfica por capas temáticas, asignándosele un identificador;
4. entrada de información alfanumérica (digitización);
5. asociación de la información espacial con la alfanumérica;
6. edición errores y creación de las relaciones topológicas de la información gráfica.

En la etapa de Análisis es donde se pone en claro el valor verdadero del Sistema diseñado; aquí se realizan tareas analíticas sumamente complejas en poco tiempo y se pueden probar diferentes escenarios alternativos a partir de los operadores, definiendo de antemano los criterios de decisión. Comprende la definición de criterios de decisión y de análisis. Para definir los criterios de decisión se hace necesario:

- Determinación del objetivo de análisis.
- Convocar al grupo de expertos.
- Determinación de las variables temáticas que son posibles soluciones al problema y de sus requerimientos.

- Ordenamiento de las variables temáticas por su peso.
- Planteamiento del criterio de decisión.

Luego se podrán hacer diferentes análisis:

1. Análisis Vectorial.
 - Generación de mapas temáticos;
 - Reclasificación de mapas;
 - Recuperación de datos temáticos mediante criterios de decisión;
 - Superposición de mapas vectoriales.
2. Análisis de redes.
 - Encontrar rutas eficientes;
 - Generación de direcciones de viaje;
 - Encontrar áreas de influencia alrededor de una localización.
3. Análisis raster.
 - Reclasificación de mapas;
 - Superposición de mapas (overlay) mediante la aplicación de criterios de decisión.

La Presentación de los resultados del análisis estará relacionada directamente con el objetivo trazado en el comienzo del proyecto y la intención del usuario. Los mismos se presentarán en forma de tablas, gráficos, mapas y otros, en dependencia de los intereses de los Consejos de Cuencas. En el caso de las tablas se pueden utilizar para obtener resultados estadísticos de distintos fenómenos de interés para los Consejos de Cuencas, aunque también estas tablas pueden ser exportadas a formatos compatibles con paquetes profesionales de análisis estadístico para su posterior tratamiento. Los tipos de gráficos que se pueden obtener como resultado del análisis son variados, usualmente en forma de barra, pastel y líneas. Los mapas constituyen la forma más conveniente de representar los resultados de un análisis. Todo mapa debe contener en sus márgenes información que el usuario utiliza para la interpretación del contenido temático.

Resultados.

Para llevar a la práctica esta propuesta de Diseño de un SIG para Cuencas Hidrográficas en Cuba tomamos como ejemplo las cuencas de los ríos Hondo y San Diego, pertenecientes a la provincia de Pinar del Río y de interés provincial; estas no tenían realizado el diagnóstico y de ellas se dispone de una mayor cantidad de información.

Cuenca Río Hondo.

Cuenca de la vertiente Sur de la región Occidental. Su río principal nace en las alturas de Pizarras del Sur; Cordillera de Guaniguanico, aproximadamente a 10 Km al NE del pueblo de Viñales, municipio Viñales, en los 22036' latitud Norte y los 83021' longitud W, a 230m de altitud. Desemboca en la ensenada del Gato en los 22015'N y los 830 21'W, municipio de Consolación del Sur, en la provincia de Pinar del Río.

El río tiene un largo de 98.4 Km y su cuenca un área de 604 Km², con un caudal promedio de 5.460 m³/s. Corre en dirección Norte-Sur y tiene 22 afluentes. Posee una minihi-droeléctrica en el Salto, embalse este ubicado en la parte superior de la cuenca. A causa de algunas regulaciones y alteraciones sufridas en los últimos años, el cause en la parte inferior casi ha desaparecido.

Cuenca Río San Diego.

Cuenca de la vertiente Sur de la región Occidental. El río que le da nombre nace en los 22039' latitud N y los 830 37' longitud W, a 180 m de altitud, en San Andrés de Caiguanabo, municipio La Palma. Desemboca en la ensenada de Dayaniguas en los 220 20' N y los 83016' W , municipio Los Palacios, Pinar del Río.

El San Diego divide a la Cordillera Guaniguanico en Sierra del Rosario y Sierra de los Órganos y también es límite entre los municipio de Los Palacios y Consolación del Sur. Tiene un largo de 67.3 Km y la cuenca tiene un área de 441 Km², con un caudal promedio de 5.8 m³/s, corre en dirección Norte-Sur y tiene 11 afluentes.

En la cuenca existen varios manantiales mineros medicinales utilizados con fines turísticos de salud.

Empleando las metodologías de González Piedra (1999) y "La Guía para el Diagnóstico Ambiental de las Cuencas Hidrográficas de la República de Cuba" se realizó la caracterización de ambas cuencas.

En ambas cuencas se detectaron problemas de forestación, sobre todo en la franja hidrorreguladora, debido al mal uso de la misma para cultivos varios y en otras zonas no existía vegetación, esto traía aparejado una erosión en las márgenes de los río con el consiguiente transporte de sedimentos.

Tomando como base que las cuencas son de vocación agrícola y los problemas antes mencionados se diseñó y automatizó la base de datos. Ver fig. 2.

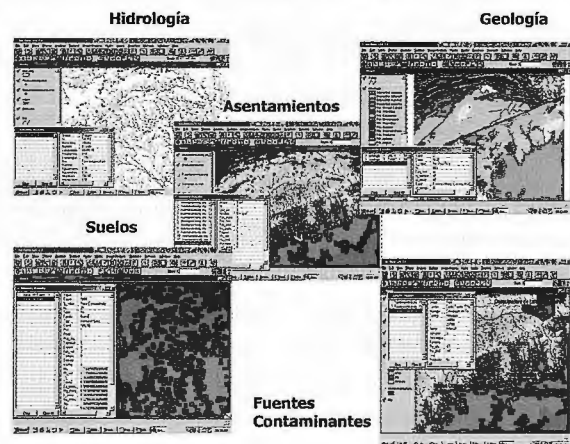


Fig. 2 Base de datos gráfica y alfanumérica

Tomando en cuenta los problemas detectados en la caracterización de las cuencas y el interés del Consejo de Cuencas Provincial en conocer el nivel de forestación que presenta la franja hidrorreguladora realizamos un primer análisis. Partiendo del mapa hidrológico de ambas cuencas se realizó un buffer para lo cual se consideró el ancho de la franja hidrorreguladora que establecen las Normas Cubanas para los diferentes tipos de embalses y categorías de río. Se superpuso este al mapa de uso y tenencia de la tierra; luego de ser actualizado mediante la imagen de satélite y con apoyo del mapa de cobertura vegetal. Se obtuvo el resultado que se expone en la fig. 3.

Otro de los análisis realizados fue el de los procesos denudativos que ocurren en la zona de estudio para localizar las zonas posibles de erosión. Para este análisis se partió del modelo digital de elevación, del cual se obtuvieron los mapas altimétrico y de pendientes los cuales se



GPS TIEMPO REAL CENTIMETRICO

IBEREF MADRID

Red de estaciones de referencia

- *Duplica 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



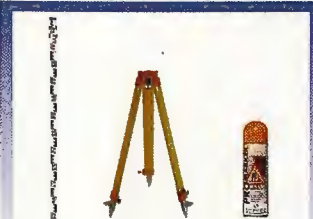
NIVEL

NA2/NAK2

DNA10/03

RUGBY 100/200

RUGBY 300/400



ACCESORIOS Y SERVICIOS

- Disto
- Software
- Material de marcado
- Servicio Técnico

ACRE

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

Alquiler y Venta

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

reclasificaron en 4 rangos y luego se combinaron para obtener las zonas de los diferentes procesos. Ver fig. 4

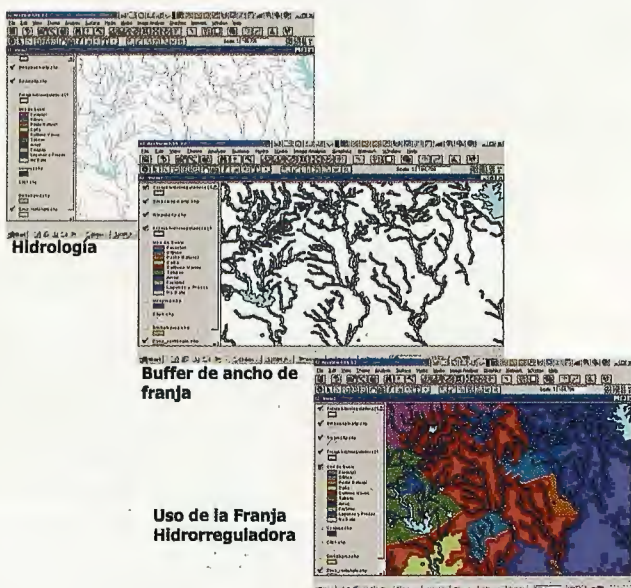


Fig.3 Uso de la Franja Hidrorreguladora.

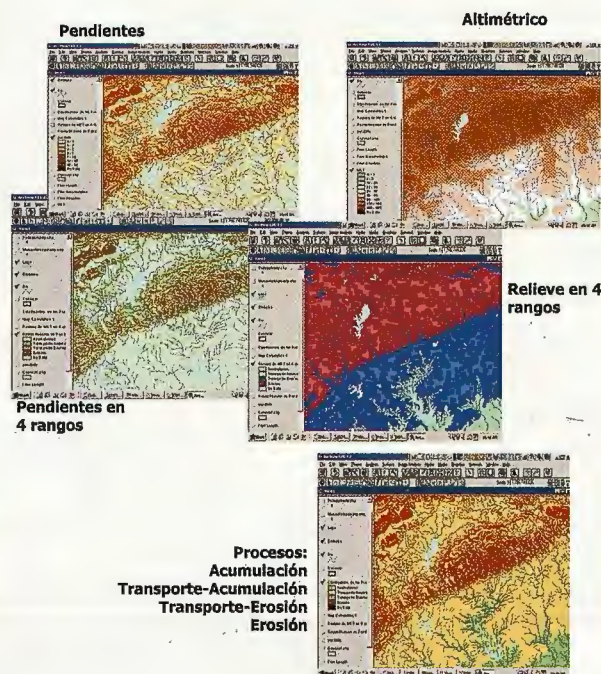


Fig. 4 Procesos Denudativos

Conclusiones.

La investigación desarrollada y los resultados obtenidos confirman que con el diseño e implementación de un SIG para las cuencas hidrográficas en Cuba las tareas de gestión ambiental y de toma de decisiones en las mismas pueden ser mejoradas y más eficientes.

Se comprobó la funcionalidad y efectividad de la metodología propuesta para la automatización del procesamiento

de los datos mediante los SIG y las tecnologías de avanzadas, en interés de las acciones de gestión ambiental y toma de decisiones.

Se logró por primera vez a escala 1:100 000, para las cuencas Hondo y San Diego sintetizar e integrar bajo enfoque sistémico la información existente resultado de investigaciones anteriores, logrando una caracterización y diagnóstico parcial de las mismas.

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

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

Distribución.
 Tel: 915 337 351 - Fax: 915 333 244
 Web: www.tiendaverde.org
 e-mail: info@tiendaverde.org



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

Formación Outdoor

Es habitual ya, que en las empresas encontremos dentro de los programas anuales de formación y recursos humanos "**Jornadas de Outdoor**", *formación fuera de la empresa normalmente en entornos naturales.*

Mediante la creación de estas prácticas se desarrollan habilidades semejantes a las que cubrimos en cualquier empresa: estrategia, toma de decisiones, trabajo en equipo y afán de superación.

Durante las 48 horas que suelen durar estas jornadas, las personas que participan en ellas se enfrentan a diferentes retos: superar desafíos basados en situaciones inéditas, en un entorno natural y cambiante, donde los equipos tienen que revisar de forma constante sus recursos y demostrarse a sí mismos su capacidad de adaptación.

A través de actividades al aire libre, se forman equipos que desarrollan sus habilidades, integrando los conocimientos y potenciando sus competencias, planificando estrategias y tomas de decisiones ante situaciones de diversa dificultad, aplicando soluciones rápidas y prácticas, liderando equipos pero sabiendo delegar funciones.

El ambiente motivador que propician, suele ofrecer una oportunidad única de vivir experiencias inolvidables a los equipos participantes y desarrollar una visión diferente de lo que es competir y trabajar en equipo.

La competición se diseña para fomentar la cohesión de equipo y su comunicación, mejorando las relaciones interpersonales. Son las situaciones ideales para estudiar los diferentes roles de cada uno de los participantes. Queda patente qué persona tiene más ideas, quién las analiza mejor, etc.

La formación para los directivos y el desarrollo del liderazgo se han convertido en el vehículo de la organización para la innovación estratégica y el crecimiento.

La única ventaja competitiva que se puede mantener es la habilidad comparativa para aprender más rápido que la competencia.

SISTEMAS AVANZADOS DE TOPOGR



trimble tools



5800 RTK
ROVER



ESTACIÓN TOTAL
GPS 5700



ESTACIÓN
DE REFERENCIA NETRS



CONTROLADOR
ACU



TERMINAL
RECON



GEDEXPLORER
XM/XT

FÍA Y CARTOGRAFÍA

 Trimble



**NIVEL DIGITAL
DINI**



**ESTACIÓN TOTAL
SERVO 5503**



**ESTACIÓN TOTAL
ROBOTIZADA 5600 DR**



**LASER ESCANER
MENS 3D**



**ESCANER LASER 3D
CALLIDUS**

 **Trimble**



DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA EN ARQUITECTURA Y EN LA INGENIERÍA.

ÁREA DE INGENIERÍA CARTOGRAFICA, GEODESICA Y FOTOGRAMETICA (2ª PARTE)

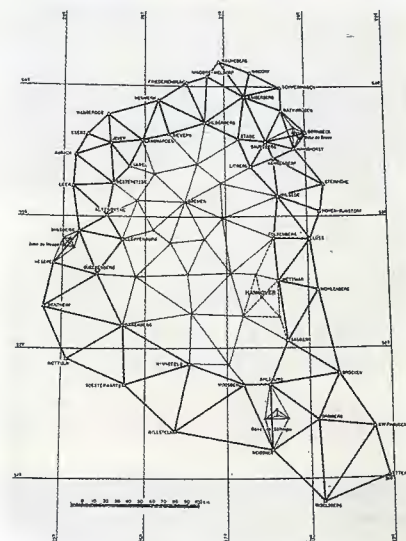
Resumen:

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 Grecia Clásica, allí fue donde se preguntaron cuál 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 geoides 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 imparable 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.



Las obras de Diodorus y de Estrabón.



La red geodésica de Hannover, con sus bases Braak, Göttingen y Meppen. La primera la estableció Schumacher y en ella observaron conjuntamente Struve y Gauss durante el año 1820.

La contribución de Gauss a la geodesia dinámica fue igualmente sobresaliente, reconociendo en el año 1828, al igual que había hecho antes Laplace (1802) y haría después Bessel (1837) que el modelo elipsoidal no es válido si se pretende obtener una gran exactitud. Lo que se traduce en la necesidad de considerar otra superficie que se ajuste mejor a la forma real de la Tierra, ya que en el supuesto de no considerar las desviaciones de la vertical pueden surgir incertidumbres en los cálculos de los parámetros elipsoidales muy superiores a la precisión de las observaciones. A esa nueva superficie se refería Gauss cuando en su publicación "Determinación de la diferencia de latitud entre los Observatorios de Göttingen y Altona (1828)" afirmaba, lo que llamamos la superficie de la Tierra en el sentido geométrico no es más que esa superficie que intersecta en todos lados la dirección de la gravedad en ángulos rectos, y parte de la cual coincide con la superficie de los océanos.

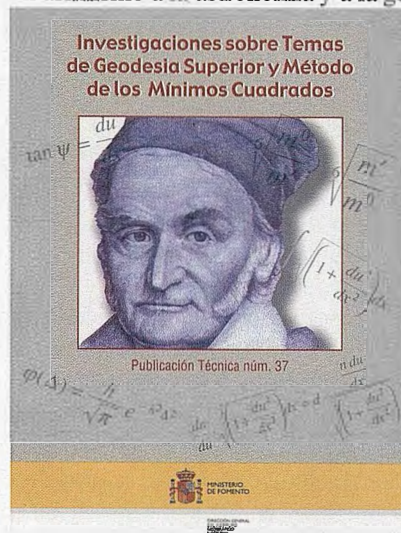


C. F. Gauss dibujado por Listing, el cual aparece fotografiado. Listing fue uno de sus brillantes discípulos, que brilló tanto en el estudio de las matemáticas como en el de la física.

La primera y quizás más clara y sucinta definición del geoide, una palabra que como es sabido acuñaría años después (1873) su alumno Johann Benedikt Listing (1808-1882), profesor de Física en la Universidad de Göttingen. El cual junto a Fischer y Bruns inició las teorías sobre la ondulación del geoide, fijando entre 800 m y 1 km la separación máxima entre ambas superficies; unas magnitudes que no serían fiablemente revisadas hasta el desarrollo de la geodesia espacial, a finales del pasado siglo XX.

Otro de los astrónomos que efectuó la medida de un meridiano terrestre fue el alemán Heinrich Christian Schumacher (1780-1850), director del Observatorio de Mannheim y de la triangulación geodésica del condado de Holstein; a la que luego añadiría la de Dinamarca, aunque realmente fuese ultimada por Caspar Wesel. El arco de meridiano medido por Schumacher fue el comprendido entre Lauemburg y Lysabel, asignando al grado un desarrollo de 57093 toesas. A él se le atribuyó la definición de un elipsoide con los siguientes parámetros: $\alpha = 6376804,37$ m y $(= 1/302,02$, si bien a partir del año 1828 fue llamado también elipsoide de Schmidt. Durante su etapa de profesor de Astronomía de la Universidad de Copenhague colaboró con su amigo C. F. Gauss en la realización de una intersección inversa, que pretendía localizar la estación llamada Holkensbastion. Los detalles del método empleado por Gauss para resolverla se incluyeron en una carta que le escribió a Schumacher, los cuales aparecen traducidos en el libro "Investigaciones sobre Temas de Geodesia Superior y Método de los Mínimos Cuadrados"; la obra, de indudable interés histórico y

científico fue editada por el Instituto Geográfico Nacional en el año 2002. Tanto el hijo como el sobrino de Schumacher se dedicaron asimismo a la astronomía y a la geodesia.



El astrónomo y geodesta H. Ch. Schumacher en su etapa de profesor en la Universidad de Copenhague y portada del libro editado por el Instituto Geográfico Nacional. En él se traducen al español las lecciones geodésicas del sabio alemán y se recoge la intersección inversa que realizó junto a Schumacher.



Otra de las figuras que contribuyó decisivamente al protagonismo de la geodesia alemana fue el matemático Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846), quien, junto a su discípulo Baeyer, midió entre los años 1831 y 1836 parte del meridiano de Trunz; encontrando que el grado, de la entonces denominada Prusia oriental, equivalía a 57,144 toesas. La operación se describió en su libro "Gradmessung in Ostpreussen und ihre Verbindung", publicado en 1838, clave para el posterior estudio de la geodesia. En él se detallaba la cadena triangular, entre Trunz y Memel, que permitió enlazar las redes de varios países europeos con la del Oriente de Rusia; para la medida de las bases empleó Bessel su propia regla, resultando para la de Königsberg una longitud de 1822 m.



El matemático Bessel y el astrónomo Repsold, constructor de instrumentos astronómicos de precisión.

El cálculo del desarrollo del arco le permitió definir su modelo elipsoidal en 1841, mediante las constantes $\alpha = 6377.397155$ km y $\alpha = 1/299.1528$; empleándose desde entonces en numerosas representaciones cartográficas. Asimismo merece destacarse como verdaderamente notable su péndulo, que mandó fabricar al afamado constructor y astrónomo Johann Georg Repsold (1770-1830); cuya principal innovación fue la introducción de la corrección necesaria para que batiera segundos. El péndulo de Bessel se empleó a partir de entonces, muy generalizadamente, para mediciones absolutas de la gravedad, tal como recomendaba la AIG, todavía en 1864.

El arco medido por Bessel fue prolongado por el general Johann Jakob Baeyer (1794-1885), el cual concibió mientras tanto el proyecto de una red geodésica que cubriera el Oriente de Prusia. El proyecto lo desarrolló en una memoria que presentó al rey Federico Guillermo II en el año 1851, por mediación de Humboldt. La red se apoyaba en la cadena del arco anterior y en otras que sucesivamente fueron realizándose, llegando a ser el soporte en el que se basaría un mapa de Prusia a escala 1/100000. Baeyer fue, además de Director del Instituto Geodésico de Prusia, el primer presidente de la Asociación para la medición de Arco de Europa Central, creada en Berlín gracias a la memoria realizada por el general un año antes (1861) "Sobre el tamaño y figura de la Tierra, una memoria para la fundación de una medición de arco de Europa Central".



El astrónomo Baeyer, el principal defensor de la internacionalización de la geodesia.

Pocos años después se transformaría en "Asociación para la Medición de Arcos de Meridiano y de Paralelo en Europa (1867)", hasta llegar a la "Asociación Geodésica Internacional para la medición de la Tierra (1887)" el más directo antecedente de la actual Unión Geodésica y Geofísica Internacional, fundada en 1919. Hay que hacer notar a este propósito el prestigio alcanzado por el geodesta español Carlos Ibáñez que presidió la Asociación Geodésica desde 1874 hasta su muerte, siendo reelegido siempre por unanimidad.

Las medidas de Bessel y de Baeyer fueron contemporáneas de las realizadas por el coronel francés J. B. Broussaud (1776-1840) sobre el paralelo Marennes (al Norte de Burdeos) Istria. Combinando los valores del desarrollo de uno de sus grados con los del correspondiente al meri-

diano, que habían sido obtenidos por Delambre y Mechain, concluyó el geodesta que el aplastamiento más probable que debería asignarse al elipsoide de Francia era del orden de 1/247. Los resultados de su medida se publicaron en el año 1839, con el título "Mesure d'un arc du parallèle moyen, entre le pôle et l'équateur".

Una de las campañas geodésicas más sobresalientes del siglo XIX fue indudablemente la asociada a la cadena de triángulos que atravesó los EE.UU. de Este a Oeste, hasta enlazar los triángulos de la zona de Méjico con los canadienses. Así se logró medir el arco de paralelo de latitud 39(, con una amplitud longitudinal de 48(46', es decir superior a las tres horas, y con un desarrollo próximo a los 4224 km. El preceptivo informe se publicó en Washington en el año 1900 dentro de la memoria titulada "The Transcontinental Triangulation and the American Arc of the Parallel". Los trabajos de campo duraron veintiséis años, midiéndose diez bases distribuidas a lo largo de la cadena, subdividida a su vez en otras denominadas parciales.



G. Davidson y Ch. A. Schott, dos geodestas europeos afincados en EE. UU.



Las observaciones angulares se realizaron sobre heliotropos con dimensiones variables, para amoldarse a la longitud de las visuales, que resultaron ser sorprendentemente largas. De la magnitud de los triángulos da idea el exceso esférico de los mismos: 73".759 en uno con estación en sus tres vértices y mayor de 2' en otro equilátero con unos 230 km. de lado, aunque solo se estacionara en dos de sus vértices. El mayor protagonista de las observaciones angulares fue el inglés Georg Davidson (1825-1905), mientras que el principal responsable de los cálculos fue el alemán Charles Anthony Schott (1826-1901).



¿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 
Sistemas Aéreos

www.hifsa.com hifsa@hifsa.com

www.stereocarto.com
info@stereocarto.com

stereodata
www.stereodata.com info@stereodata.com



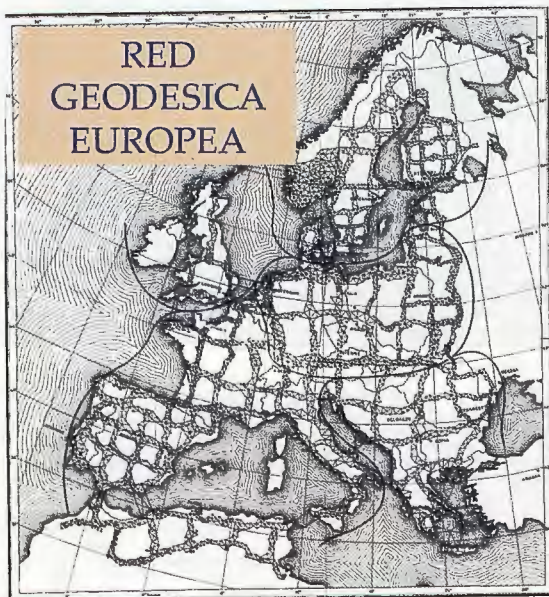
IMÁGENES DIGITALES: SATÉLITE, CÁMARAS DIGITALES Y ANALÓGICAS, SENSORES TÉRMICOS. **TOPOGRAFÍA:** GPS, REDES, NIVELACIÓN, APOYO DE CAMPO. **FOTOGRAMETRÍA:** ESCANER, AEROTRIANGULACIÓN, RESTITUCIÓN, MDT, ORTOFOTOGRAFÍA, EDICIÓN. **SISTEMA LIDAR:** MDT Y MDS. **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, SERVIDORES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

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



Los Ingenieros Geógrafos franceses en dos épocas diferentes.

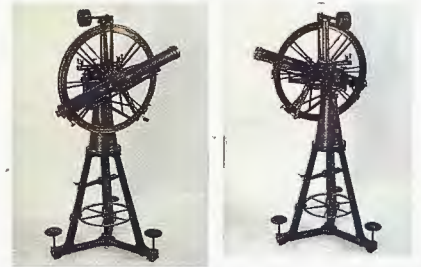
La red francesa, el prototipo de las realizadas en el siglo XIX, se encomendó a los Ingenieros Geógrafos, aunque las observaciones astronómicas y, especialmente, las de longitud se reservasen a los miembros del Bureau; como era previsible en su diseño se podía ver todavía la influencia de las directrices de Picard, al jugar el meridiano de París y su paralelo un papel determinante como cadenas básicas de la misma.



Obsérvense las cadenas triangulares a todo lo largo de los meridianos y de los paralelos, siguiendo el modelo defendido por J. Picard.

El canevas se proyectó trazando cadenas paralelas a las anteriores, a una distancia aproximada de 200 km, quedando así constituidos los clásicos cuadriláteros que posteriormente serían cubiertos por otros triángulos similares a los de las cadenas principales; subdivididos después en triángulos de segundo y tercer orden.

En las observaciones acimutales de primer orden se realizaron dos series con 20 repeticiones como mínimo (finalizando las cadenas principales y el relleno de los cuadriláteros en el año 1844), idéntico número de series pero con 10 repeticiones se realizarían luego en las de 2º orden. Debe destacarse la precaución tomada en la medida de las distancias cenitales, al señalar que hacían tres series a diferentes horas pero sobre todo al mediodía, procurando que las observaciones fuesen simultáneas y acompañadas de lecturas barométricas. En dichas observaciones se emplearon los círculos repetidores fabricados por Henri Prudence Gambey (1789-1847), miembro del Bureau. La red se apoyó sobre siete bases que fueron medidas con la regla de Borda. Tanto en las observaciones angulares como en la medida de las bases se logró la precisión que podía alcanzarse en la época, mejorando los trabajos previos de Méchain.



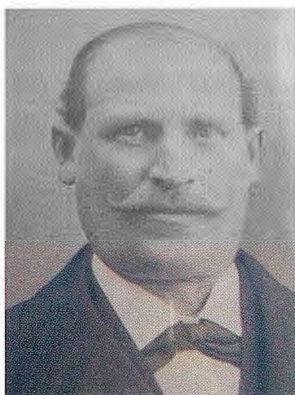
H. P. Gambey y dos vistas de su círculo repetidor.

Las determinaciones astronómicas se realizaron sobre catorce estaciones de Laplace situadas en las cadenas principales. El acimut se obtuvo mediante observaciones a la estrella Polar, en las proximidades de su máxima digresión, y también por observación al Sol. Las latitudes se calcularon bien observando las culminaciones de la Polar o las de otras estrellas circumpolares. La obtención de la longitud continuaba siendo problemática a pesar del adelanto de la cronometría, que solo era precisa a efectos de navegación. Finalmente se empleó el sistema de las señales de fuego, que ya había sido usado con éxito en ocasiones anteriores, con una incertidumbre menor de un segundo de tiempo. Sin embargo la solución definitiva al famoso problema de la determinación de las longitudes no empezó a vislumbrarse más que a partir del año 1838, en que Samuel Finley Breese Morse (1791-1872) ya había perfeccionado su código.



El estadounidense S. F. B. Morse, inventor del código que lleva su nombre, aunque colaborase también Alfred Vail.

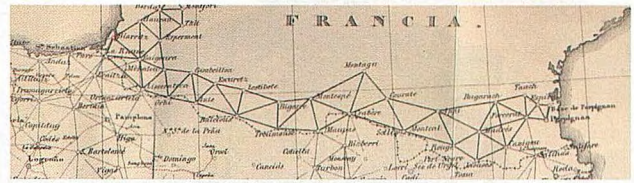
Al no estar todavía desarrollados los sistemas cartográficos conformes no pudieron obtenerse las coordenadas geográficas de los vértices mediante las cartesianas de sus imágenes planas, hubo pues que recurrir al cálculo directo sobre el elipsoide. Con tal criterio se resolvió el problema geodésico directo sobre la esfera local de la región considerada, asociada al elipsoide de Delambre, pudiendo pues aplicar la trigonometría esférica y obtener finalmente las coordenadas del nuevo vértice en función del desarrollo de la geodésica y del acimut de dicha línea en el vértice de partida. Las simplificaciones introducidas se tradujeron en discordancias de varias centésimas de segundo en las coordenadas obtenidas, esto es en varios decímetros de indeterminación en la posición del vértice. Por otra parte se daba también la grave circunstancia de su falta de homogeneidad por no estar compensada. En todo caso no es fácil enjuiciar la triangulación de los Ingenieros Geógrafos ya que aunque resista mal un análisis crítico es también muy cierto que hubieran necesitado un soporte paralelo de cálculo y documentación, un aspecto este que es difícil de comprender para los no especialistas, los cuales son general y paradójicamente los responsables de financiar los gastos correspondientes. El diseño y dirección del proyecto de ejecución se debió al Oficial Superior del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos Louis Puissant (1769-1843), profesor de la mayoría de los operadores que después triangularían. Su obra "Traité de Géodésie, ou, Exposition des méthodes trigonométriques et astronomiques ; applicables soit à la mesure de la terre, soit à la confection des canevas des cartes et des plans topographiques", (París. 1805), contempla la geodesia como una disciplina con carácter propio; de modo que sirvió de modelo a sus sucesores, que aunque actualizaron los contenidos técnicos conservaron en cambio los métodos matemáticos originales.



El oficial superior del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos L. Puissant.

En lo que se refiere a las altitudes de los vértices geodésicos, hay que recordar como en las instrucciones recibidas por los Ingenieros Geógrafos figuraban las relativas a la observación de las distancias cenitales, teniéndolas en cuenta en las redes de distinto orden. La nivelación trigonométrica más destacable de la triangulación fue la referida a la cadena de los Pirineos, puesto que su observación la realizaron con todo tipo de precauciones, pensando que así podría calcularse correctamente el desnivel existente

entre los mares Cantábrico y Mediterráneo. En la comunicación del Ingeniero Geógrafo Jean Baptiste Cora-boeuf (1777-1859), uno de los operadores, se afirma que el primero está 70 cm más elevado que el segundo, cuando se sabe hoy día que el desnivel es del orden de unos 30 cm.



La cadena de la cordillera pirenaica y sus enlaces con la red de la España peninsular.

También fue en Francia en donde comenzó a solucionarse el difícil problema de la determinación de la altitud, ya que realmente la fiabilidad altimétrica esperada para el nuevo mapa, que se confeccionaría a partir de la red anterior, oscilaba entre 1 y 2 metros. De manera que se evidenció con toda claridad la conveniencia de recurrir no solo a otro procedimiento de medida sino además a otro tipo de instrumentos, con los que poder conocer con más exactitud las altitudes o desniveles de acuerdo con las necesidades asociadas a muchos proyectos de ingeniería. El Tratado de nivelación de Paul Emil Breton de Champ (1814-1885), cuya primera edición fue de 1848, vendría a solucionar el problema al describir la casuística de la Nivelación Geométrica, incluyendo naturalmente el nivel de anteojo y el método del punto medio, afirmando por otra parte que el error esperado en un itinerario de 50 km debe ser inferior a los 15 mm. Breton de Champ fue el principal impulsor de la Red Nacional de Nivelación, aunque su ejecución se encargara a Adrien Paul Bourdalouë (1798-1868). En sus conclusiones, publicadas en 1844 (Perfeccionamiento del nivel Egault y Construcción de nuevas miras), explica su preferencia por el nuevo nivel construido por indicación del Ingeniero Auguste Egault des Noës y sobre todo por las llamadas miras parlantes, una verdadera innovación; años más tarde añadiría asimismo la placa base incrustada en el terreno.



Portada del Tratado de Nivelación de B. de Champ y un nivel Egault.

La reobservación de la Red Geodésica Francesa la inició François Perrier (1833-1888), el mejor geodesta francés de la última mitad de siglo. Previamente había podido constatar, con motivo del nuevo enlace con Inglaterra (1861), el pobre estado de la geodesia en Francia, afirmando su propósito de regenerarla. Su experiencia geodésica la adquirió fundamentalmente en los trabajos que realizó en el paralelo del Norte de Argelia, en donde empleo el círculo acimutal que mandó construir a Brunner.



El general François Terrier, codirector del enlace hispano argelino.

En 1870 comienza el reconocimiento de la nueva red francesa al Sur del meridiano de Francia (en el lado Canigou-Forceral), finalizando la observación de su cadena en el año 1888. Su experiencia argelina sería de gran utilidad para el éxito del enlace continental que diseñó de acuerdo con Carlos Ibáñez. La obra científica del general Perrier, principalmente de aplicación, se dejó sentir durante mucho tiempo entre sus discípulos y colaboradores. Perrier contó siempre con el apoyo científico de Hervé Auguste Faye (1814-1902), el astrónomo francés que contribuyó también a que la geodesia francesa recobrara parte de su prestigio en esta segunda mitad de siglo. Faye fue en efecto firme partidario de que se rehiciera el meridiano de Francia y de que se continuara la reobservación de su red geodésica. Asimismo comprendió la importancia de las medidas telegráficas de longitud y la necesidad de fomentar la colaboración internacional en las tareas geodésicas, llegando a presidir la AIG desde 1892 a 1902.



El astrónomo H. Faye Presidente de la Asociación Internacional de Geodesia, entre 1892 y 1902; él fue el sucesor de Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero.

No obstante su aportación más valiosa a la Geodesia fue la que realizó basándose en las hipótesis isostáticas de Pratt y Airy, explicando las anomalías gravimétricas de forma análoga a la del fenómeno de la isostasia; ya que la atracción de la masa exterior al geoide se compensa con el déficit másico bajo los continentes. Esta dependencia del valor de la gravedad con la altitud hace que se modifiquen los valores observados para reducirlos o referirlos al

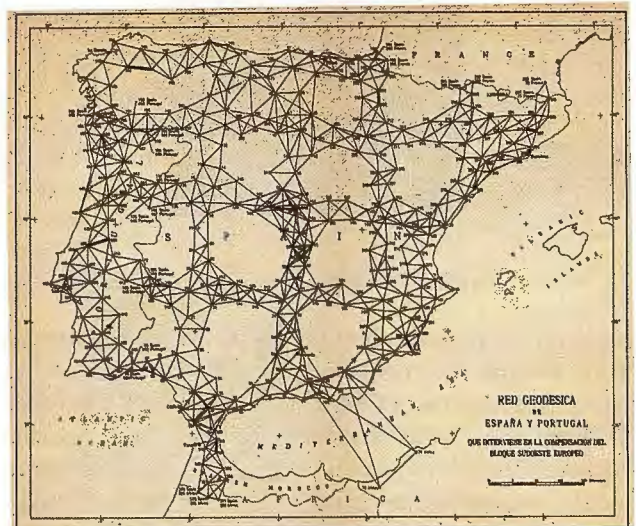
geoide. También calculó H. Faye su propio elipsoide, utilizando la mayoría de arcos de la época, manifestando que sus parámetros eran $a = 3272562$ toesas, equivalentes a 6378343 m, y $\alpha = 1/294$.

Algunos años más tarde, hacia 1885, el matemático y físico, también profesor de Mecánica Celeste en la Universidad de París, Jules Henri Poincaré (1834-1912) demostró por procedimientos astronómicos que el aplastamiento terrestre no podía ser mayor de $1/297,3$, cualesquiera que fuese la ley de variación de las densidades en el interior de la Tierra. El resultado fue importante e impactante, pues apareció en una época en que se pretendían obtener los parámetros del elipsoide a través de las medidas de arco y los diferentes organismos cartográficos habían elegido varios modelos para calcular las triangulaciones de sus respectivos países. De esa forma Poincaré, se unió a los investigadores que preconizaban la insuficiencia del método geométrico de los arcos por ser demasiado localista; fijando y prediciendo el porvenir pues todos los resultados posteriores confirmarían esa conclusión.



J. H. Poincaré, astrónomo y filósofo de la ciencia.

Otra de las figuras indiscutibles de la geodesia del siglo XIX fue Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero (1825-1891), primer Director del Instituto Geográfico (1870) y también primer Director del Instituto Geográfico y Estadístico (1873). Su proyección internacional comenzó a fraguarse con ocasión de la medición de la base central de Madridejos, con la que se iba a dar escala a la futura red geodésica de la España peninsular.



La red geodésica de la Península Ibérica, obsérvese que se siguió el modelo francés al establecer cadenas triangulares a lo largo de meridianos y de paralelos.

TCP-MDT

Nueva Versión

5

Levantamientos

Proyectos

Replanteos

Carreteras

Urbanizaciones

Canteras

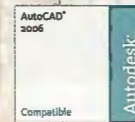


Topografía

Construcción

Urbanismo

Ingeniería



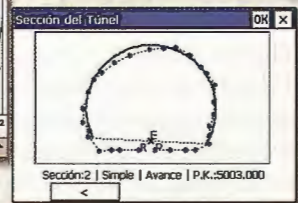
autodesk
authorized developer

Aplicaciones para Dispositivos Móviles



Replanteo y Toma de Datos
con GPS y Estación Total

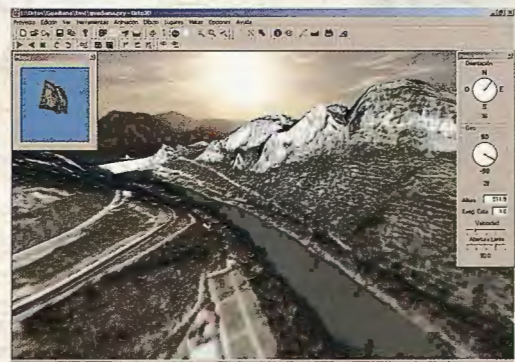
Gestión de Dibujos
con potente CAD



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



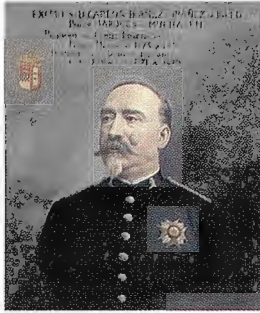
Nueva
Denominación:



Aplicaciones de
Topografía e Ingeniería Civil

C/ Sumatra nº 9, 29190 - Má laga
Tlf: 952-439771
Fax: 952-431371
www.aplítóp.com
Info@aplítóp.com

Efectivamente, la medida había despertado tanta expectación en la comunidad científica internacional que el gobierno francés llegó a enviar como observador al geodesta Aimé Laussedat (1819-1904), reconocido después como fundador de la fotogrametría; con el tiempo llegó a existir una gran amistad entre los dos personajes. El éxito de la medida de 1858 (en la que intervinieron también otros geodestas como Saavedra, Monet y Quiroga) fue tal que la Academia de Ciencias Francesa la calificó de memorable operación científica que no podía ser superada. Al año siguiente se promulgó la Ley de Medición del Territorio, básica para impulsar el proyecto del Mapa Topográfico Nacional.



El general Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, primer marqués de Mulhacén.

Fue precisamente durante la medición de Madridejos cuando se decidió abordar otro proyecto aún más ambicioso, con el que se enlazarían astronómica y geodésicamente el continente europeo y el africano; sus directores iban a ser los dos operadores más experimentados de los dos países responsables, Carlos Ibáñez por parte de España y François Perrier por el lado de Francia. Sin embargo, los estudios previos no se realizaron hasta pasados veinte años, en el verano de 1878 y a propuesta del Director del Instituto Geográfico. Para ello se concretaron los vértices del cuadrilátero: Mulhacén y Tetica en España, Filhaoussen y M'Sabiha en Argelia. Las primeras observaciones comenzaron el 27 de Septiembre del mismo año 1878, midiendo el geodesta español Monet el ángulo Tetica-Mulhacén-Filhaoussen, ya en el mes de Octubre se pudo observar M'Sabiha desde el 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. El resultado hallado hizo factible el proyecto, de manera que el gobierno español invitó a su homólogo francés para que participase en el mismo, decidiendo ambos que Ibáñez y Perrier coordinasen el plan de trabajos.

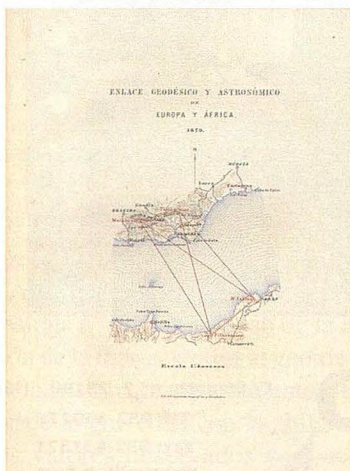
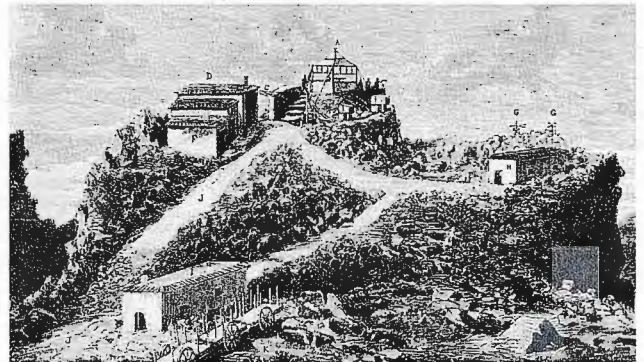


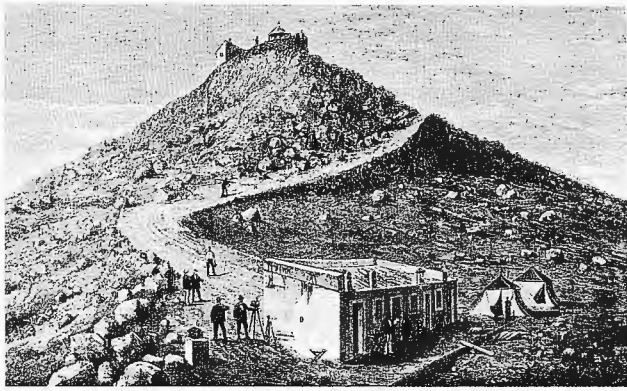
Gráfico del enlace publicado en las Notas presentadas por Carlos Ibáñez y Miguel Merino a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en el año 1880.

En Abril de 1879 se nombró al geodesta 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, 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 del día 9 de Septiembre, en que Perrier divisó la luz del Tetica. La noche siguiente las cuatro estaciones se veían aún 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 solo pudieron medirse gracias a las señales luminosas nocturnas, las diurnas no se vieron ni un solo día, confirmando así la importancia de las recomendaciones formuladas en ese sentido por Monet al finalizar los estudios previos.



Campamento instalado en el vértice Mulhacén, el grabado apareció publicado en el número IX de la revista madrileña La Ilustración Española y Americana (8.3.1880).

Análogo éxito que el enlace geodésico tuvo el astronómico dirigido por Miguel Merino y Melchor (1831-1904), astrónomo del Observatorio de Madrid, y luego director del mismo (1887); siendo la primera vez que se hacía en Europa una determinación directa de la diferencia de longitudes en tales circunstancias. Esta se calculó apoyándose en el intercambio regulado de señales luminosas entre M'Sabiha y la Tetica de Bacares, usando las fórmulas del Mayer y Bessel para la reducción de las observaciones efectuadas a estrellas circumpolares. Para determinar la latitud se observaron estrellas que culminaban a menos de 30° del cenit. Finalmente el acimut del lato Tetica-Gigante (otro vértice geodésico de primer orden) se calculó directamente por medio de las observaciones estelares citadas. La operación terminó el día 16 de Noviembre de 1879. La satisfacción de la comunidad científica quedó indirectamente reflejada en el siguiente comentario del año 1880: "Nuestros geodestas y astrónomos han realizado, sin duda, el trabajo más grandioso que registra la historia de las ciencias, aplicado a la Geografía Matemática, y España y Francia pueden enorgullecerse de la más atrevida de las mediciones terrestres".



Campamento instalado en la Tetica de Bacares (sierra de Filabres), en las proximidades del actual Observatorio hispano alemán de Calar Alto.

En la larga lista de astrónomos geodestas ha de colocarse también al escocés Charles Piazzí Smyth (1819-1900), director del Observatorio de Edimburgo desde el año 1845 hasta el 1888, en que decidió jubilarse. Su actividad geodésica había comenzado unos años antes, durante su estancia en la Ciudad del Cabo, allí participó en la observación de la triangulación que enlazó el Observatorio de La Caille con el telescopio que había instalado J. Herschel y colaboró en la medición de la base de Zwartland; tales trabajos fueron dirigidos por Sir Thomas Maclear entre los años 1840 y 1848. Sin embargo su aportación más singular tuvo lugar veinte años después de ser nombrado astrónomo real, cuando se trasladó a Egipto con el fin de analizar las claves astronómicas, geodésicas y metrológicas de la gran pirámide de Khufú. La importancia de sus pormenorizadas mediciones y el rigor con el que se realizaron fueron reconocidos de inmediato por la "Royal Society of Edinburgh", que lo recompensó con el premio Kizeen en el año 1867; todas sus investigaciones sobre la pirámide, acompañadas de numerosas ilustraciones, se incluyeron en "Edinburgh Observations. V. XIII".



Autorretrato de Ch. Piazzí Smyth y fotografía de la gran pirámide, realizada por él mismo durante la medición de la misma.



Entre sus especulaciones más sobresalientes caben destacarse las siguientes: la diezmillonésima parte del semieje polar de la Tierra multiplicada por el número de días del año era igual al valor del lado de la base piramidal, si la circunferencia tipificada por tal base podía simbolizar el año y si el radio de la misma coincidía con la primitiva altura del monumento, dicha línea debería representar también la órbita media de la Tierra alrededor del Sol. Otra de las cuestiones geodésicas que abordó Piazzí Smyth fue la de la orientación, llegando a la conclusión de que la desviación era tan solo de $4'30''$; después de hallar el acimut de los cuatro lados básicos, apoyándose en el que presentó la Polar en el momento de su máxima digresión occidental.

El resumen del siglo XIX se termina con dos acontecimientos relevantes desde el punto de vista geodésico, por una parte se constata definitivamente que la latitud no era constante y por otra se descubre la aleación INVAR, que mejoraría sustancialmente la puesta a escala de las triangulaciones y por otra. Fue a partir del año 1884 cuando las determinaciones de la latitud realizadas en Berlín por Karl Friedrich Küstner (1856-1936) prueban que la de un observatorio sufría variaciones periódicas. Las experiencias se repitieron entre 1891 y 1892 desde estaciones situadas en Berlín y Honolulu, con una diferencia de longitudes próxima a los 180°, constatando que las variaciones de latitud encontradas eran concomitantes, mientras que una disminuía la otra aumentaba, lo que se traducía en que el eje de rotación terrestre no era fijo con relación a la Tierra. El fenómeno vino a confirmar lo previsto por Euler, teniendo una periodicidad compleja cifrada en torno a los 435 días en lugar de los 305 teóricos. La verdadera naturaleza del fenómeno la explicó en la misma época Seth Carlo Chandler (1846-1913), un astrónomo norteamericano, que logró determinar el periodo del movimiento polar, de ahí que este lleve su nombre. En el año 1899 se creó el Servicio Internacional de Latitudes, por decisión de la Unión Geodésica Internacional, con la misión de estudiar la polodia.



Los astrónomos K. F. Küstner y S. C. Chandler.

En el año 1995 Jean René Beniot, director de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, y su adjunto Ch. Ed. Guillaume, publican "La Mesure rapide de bases géodésiques" en la que incluyen sus estudios y experimentaciones con el metal que denominan invar (de invariable); un acero al níquel ideal, por su precio, para construir copias del metro patrón menos costosas que las de platino irradiado.



Ch. E. Guillaume.

Señalaban además que un acero al 36% de níquel tenía un coeficiente de dilatación muy bajo, menor de 10^{-6} por grado, una característica que le hacía muy interesante para la medida de bases geodésicas. Al suizo Charles Edouard Guillaume (1861-1936) se le concedió el premio Nobel de Física en el año 1920 por sus continuos trabajos en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, así como por sus inventos de gran utilidad práctica.

Las aportaciones contemporáneas, que indistintamente pueden considerarse astronómicas o geodésicas, son las referidas al desarrollo de los instrumentos fotográficos cenitales, así como las derivadas del empleo de generadores de frecuencias que revolucionó la medida del tiempo, con la consiguiente aparición de los relojes de cuarzo y atómicos. El Observatorio Naval de Washington fue el primero en efectuar la transmisión en el año 1905, en 1919 se creó el "Bureau International de l'Heure (BIH)" que fijó su sede en el Observatorio de París. Los avances producidos en la Mecánica Celeste confirmaron plenamente la falta de constancia de la velocidad de rotación terrestre, un hecho ya conocido a finales del siglo XVIII. Para ello se estudió pormenorizadamente el movimiento de la Luna, primero en 1919 por Ernest William Brown (1866-1938) y veinte años después por Harold Spencer Jones (1890-1960), el cual lo extendió a las longitudes de Venus, Mercurio y el Sol.



Los astrónomos E. W. Brown y H. S. Jones.

Tras el análisis de este último se comprobó que el día solar aumenta constantemente unos 164×10^{-5} segundos por siglo, debido básicamente al rozamiento de las mareas. Asimismo Nicolas Stoyko descubrió hacia 1937 una variación próxima al milisegundo en función de la época del año, una vez estudiadas las desviaciones entre el tiempo solar medio y el determinado mediante relojes de cuarzo.

El resumen de las etapas más señaladas de la geodesia contemporánea debe comenzar todavía con las mediciones de grado que recomendó la Asociación Internacional coincidiendo con su creación: un arco polar en las proximidades del archipiélago de Spitsbergen y de otro ecuatorial en la República del Ecuador. El primero de ellos se midió entre los años 1898 y 1902, resultando una amplitud de $4(10'$ con una latitud media de $78(43'$ encargándose los equipos rusos de la parte septentrional y los suecos de la meridional. Los participantes que dirigieron la operación fueron los profesores: Backlund, director del Observatorio de Pulkovo, Tcheryschew, miembro de la Academia de Ciencias de San Petesburgo, E. Jäderin, profesor de la Escuela Politécnica de Estocolmo, y el astrónomo K. J. Ångström, cuyo padre dio nombre a la unidad de longitud que equivale a 10^{-10} metros.



El astrónomo y geodesta Johan Oskar Backlund (1846-1916)

Las bases se midieron usando los aparatos de Jäderin con hilos invar de 25 metros, comprobándose su validez al medir otra base auxiliar cuya longitud había sido hallada con la regla de Struve. En lo que se refiere a las medidas angulares, hay que resaltar que las malas condiciones meteorológicas de la zona impidieron que se alcanzaran precisiones propias de otros climas, no obstante las imperfecciones quedaron subsanadas por un elevado número de observaciones sobreabundantes. Las observaciones de las distancias cenitales se hicieron cuando lo permitieron las condiciones atmosféricas, los suecos instalaron un mareógrafo, diseñado también por Jäderin, para controlar los movimientos verticales del hielo, enlazado mediante una nivelación a otras referencias fundamentales. Los rusos calcularon la latitud y el acimut en 12 puntos, mientras que los suecos obtuvieron la latitud en 17 y midieron el acimut en 9 vértices. La triangulación se calculó sobre el elipsoide de Bessel, determinándose los valores de la gravedad en once estaciones.

Al igual que sucediera en el siglo XVIII, la medida del arco polar se acompañó de otra ecuatorial, aunque en esta ocasión decidiera la Asociación que la amplitud fuese mayor (5° ó 6°) y que se tomasen todas las precauciones necesarias para que la medida alcanzase la exactitud esperada en esta época. A petición del gobierno francés, la Academia de Ciencias emitió un informe favorable que fue presenta-

Cartografía de Calidad

Empresa certificada a la
calidad NOR ISO 9002



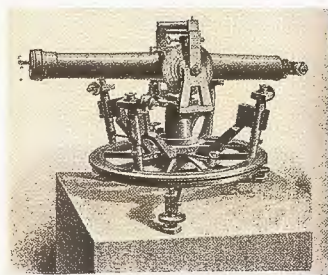
Avda. Hytasa, 38, Edificio Toledo, 1-4º
41006 SEVILLA
Tels.: 95 465 57 76 - 95 465 51 27 - Fax: 95 465 57 76
E-mail: invar@invarsl.com
www.invarsl.com

do por Henri Poincaré, confiándose la ejecución del proyecto al Servicio Geográfico del Ejército. La misión francesa compuesta por cuatro oficiales, quince suboficiales y la correspondiente tropa, además de 20000 kilos de material de campamento y todo el instrumental científico, llegó a Guayaquil el uno de Junio de 1901, no finalizando la operación geodésica hasta el año 1907. En ella participaron geodestas tan ilustres y tan vinculados a la Asociación como Georges Perrier (1872-1946), hijo de F. Perrier, y Charles Lallemand (1857-1938), principal artífice de la nivelación general de Francia.



El general G. Perrier y el Ingeniero de Minas Ch. Lallemand, los dos responsables de la segunda expedición francesa al Ecuador.

La cadena de triángulos alcanzaría un desarrollo de 6° desde el Sur de Colombia al Norte de Perú, centrándose sobre Ecuador (eligiendo en ocasiones algunos de los vértices primitivos) y apoyándose en tres bases: Riobamba (centro), Viviate (sur) y San Gabriel (norte), que se midieron con hilos. La triangulación constó de 74 vértices, usándose los círculos acimutales de Brunner para la medida de los ángulos y calculándose sobre uno de los elipsoides propuestos por Alexander Ross Clarke (1828-1914).



El gran geodesta inglés A. R. Clarke, sus elipsoides cartográficos se siguen empleando en la actualidad, y un círculo acimutal construido en los talleres parisinos de Brunner.

El desnivel entre los vértices se determinó mediante observaciones recíprocas efectuadas tras un estudio detallado de la refracción atmosférica. Con el fin de estudiar la variación de la curvatura a lo largo del arco se evaluó la latitud en casi todos los vértices (60): de modo muy preciso en 10 estaciones principales (con el círculo meridiano) y con el astrolabio de prisma en las restantes. La comparación de esas latitudes astronómicas con las geodésicas calculadas proporcionó el valor de la desviación de la vertical en la dirección del meridiano. Asimismo se establecieron tres estaciones astronómicas fundamentales o puntos

de Laplace: Colombia, Ecuador y Perú, a fin de calcular el acimut, la latitud y la longitud telegráfica. También se hicieron seis determinaciones del valor de la gravedad, recomendadas por Poincaré, empleando el péndulo del general y geodesta Etienne Gilbert Defforges (1852-1915).

Las medidas de arcos de meridiano se ultimaron con el magno proyecto, también pensado dentro de la Asociación, que permitió unir el Océano Glacial Artico con Sudáfrica. Para ello, hubo que enlazar previamente el Cairo con la Ciudad del Cabo mediante la correspondiente triangulación, de forma que ese desarrollo de 300 unido a la red de la parte más septentrional, que pasaba por Creta, dio lugar a una cadena triangular extendida sobre una amplitud meridional próxima a los 1050. Las mediciones se ultimaron a comienzos de la segunda mitad del siglo, en el año 1954, gracias al trabajo permanente de los miembros del "Coast and Geodetic Survey" de los Estados Unidos. En el proyecto se aprovecharon gran parte de las observaciones y triangulaciones realizadas con anterioridad.

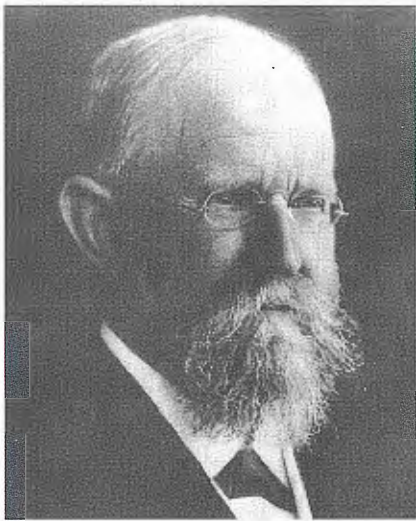


En junio de 2004 se erigió en Buffelfontein (Sudáfrica) un monumento para conmemorar la medida del gran arco africano.

Aunque las medidas anteriores contribuyeran en mayor o menor proporción a la aparición de nuevos elipsoides, no aportaron novedad alguna en relación a los valores de los parámetros previamente fijados: alrededor de 6738 km para el semieje mayor y una magnitud comprendida entre 1/293 y 1/300 para el aplastamiento. Habida cuenta que los parámetros de los modelos elipsoídicos eran diferentes y las discrepancias no eran achacables a los posibles errores cometidos en las observaciones, se llegó a la conclusión de que la figura de la Tierra solo podía considerarse elipsoídica con un cierto grado de aproximación. Por otra parte se evidenció la necesidad de recurrir a otra metodología para encontrar un modelo de mayor ajuste. Es sabido que con el nuevo procedimiento la zona objeto de estudio no fue ya lineal sino pasó a tener una cierta extensión, abarcando en ocasiones grandes superficies, de ahí que fuera pronto conocido como método de las áreas (en contraposición con el método de los arcos) consiguiéndose así los primeros elipsoides realmente próximos al geoide y por tanto unas representaciones fiables del mismo; método fue preconizado por el alemán F. R. Helmert y llevado a la práctica por el norteamericano J. F. Hayford.

Los trabajos de Friedrich Robert Helmert (1843-1917) tuvieron lugar a finales del siglo XIX y comienzos del pasado

siglo XX, siendo uno de los geodestas más distinguidos de los tiempos modernos. El definió la Geodesia como la ciencia de la medida y representación de la superficie terrestre, una definición muy cierta pero que hoy día conviene complementar: El problema de la Geodesia es determinar la figura y el campo de gravedad externo de la Tierra y de otros cuerpos celestes, en función del tiempo; al igual que, determinar el elipsoide terrestre medio a partir de observaciones realizadas sobre y exteriormente a la superficie de la Tierra (Draheim 1971, Fischer 1975 a.).



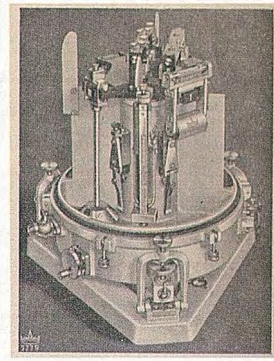
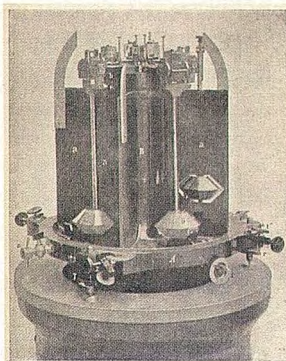
El gran geodesta alemán F. R. Helmert, Director del Instituto Geodésico Prusiano con sede en Postdam.

A él se debió también la idea de suponer prolongado el geoide bajo los continentes e identificarlo como la forma matemática de la Tierra, cuando decidió estudiarlo entre los años 1880 y 1884. Helmert introdujo la simplificación del llamado esferoide normal, truncando el desarrollo del potencial de la gravedad que es la expresión analítica del geoide; la simplificación puede continuar si se adopta como modelo matemático el elipsoide de revolución, denominado elipsoide terrestre a propuesta de Helmert.

Para definir ese elipsoide terrestre como la superficie matemática que mejor se adaptaba al geoide, impuso Helmert las condiciones siguientes: tener el mismo volumen y eje de rotación que el geoide, coincidir su centro geométrico con el de gravedad de la Tierra y, por último, ser mínima la suma de los cuadrados de las distancias entre cada uno de los puntos de la superficie del geoide y el correspondiente al elipsoide. Así surgió un método ideado por él (1880) para determinar el geoide y que se conoce con el nombre de Nivelación Astronómica o Astrogeodésica, el cual permite obtener perfiles del mismo y dibujarlo mediante curvas de nivel sobre el elipsoide. Este método de nivelación fue aplicado por primera vez en la región alemana de Harz bajo la dirección de Helmert, el cual demostraría en el año 1899 que las repetidas ondulaciones del geoide con relación al elipsoide eran menores de 100 metros.

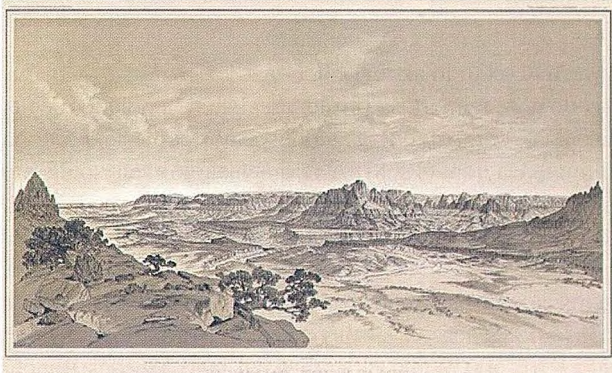
Los trabajos gravimétricos realizados por Helmert aparecen en sus inicios asociados a la figura del general austriaco Robert Daublebsky von Sterneck (1839-1910) y a las numerosas medidas de la gravedad que efectuó con su propio péndulo en los Alpes tiroleses. Los cálculos de Helmert, haciendo intervenir los datos de 37 estaciones situadas a lo largo de una línea de 356 kilómetros, tuvieron gran re-

percusión cuando aparecieron publicados en 1892 "Die Schwerkraft im Hochgebirge insbesondere, in den Tyroler Alpen, in geodätischer und geologischer Beziehung. A.I.G. Berlín, 1890", ya que se volvían a evidenciar los déficit máxicos observados años atrás por Pratt.



Equipo pendular de R. von Sterneck y una modificación posterior, construida por la casa Askania.

La justificación del fenómeno dada por Helmert era análoga a la defendida por C. Dutton (el antepaís se hunde y las montañas se elevan). El proceso designado por el geólogo americano con el nombre de isostasia, encontró una acogida muy favorable sobre todo en los Estados Unidos, influenciada quizás por los trabajos que publicó al efecto J. F. Hayford: "The Geodetic Evidence of Isostasy (1906), The Earth a Failing structure (1907) y The relation of Isostasy to Geodesy, Geophysics and Geology (1911)".



El capitán Clarence Edward Dutton (1841-1912) y uno de los dibujos panorámicos que hizo del Gran Cañón del Colorado.

Helmert fue también, en 1901, uno de los primeros geodestas en aplicar las relaciones de Clairaut para determinar gravimétricamente el elipsoide, utilizando a tal fin múltiples observaciones (alrededor de 1500 valores de la gravedad, previamente corregidos por la reducción al aire libre. Así dedujo para la gravedad y para el aplastamiento polar los valores siguientes:

$$g = 978.046(1 + 0.005302 \text{ sen}^2\varphi - 0.000007 \text{ sen}^2 2\varphi) \text{ gals}, \alpha = 1/298.3,$$

aunque en su publicación "Neue Formeln für den Verlauf der Schwerkraft im Meeresniveau beim Festlande. 1915" rectificara ambos:

$$g = 978.052(1+0.005285 \sin^2\varphi - 0.000007 \sin^2 2\varphi) \text{ gals}, \alpha=1/296.7.$$

Los estudios geodésicos de Helmert se refirieron además a la determinación de los parámetros del elipsoide mediante métodos astronómicos, basándose en las perturbaciones del movimiento de la Luna en latitud y longitud obtuvo para el aplastamiento el valor $1/298.8 \pm 2.2$. Señalemos asimismo que a través de la medida de la paralaje lunar, y supuesto un valor dado para el citado aplastamiento, puede calcularse el semieje mayor del elipsoide; con tal procedimiento obtuvo Helmert los valores siguientes:

$$a=6378830 \text{ metros, con } \alpha=1/299.26$$

$$a=6381360 \text{ metros, con } \alpha=1/289.76$$

Es lógico que Helmert analizara también el método de los arcos para encontrar los parámetros elipsoídicos, demostrando con sus investigaciones que el semieje encontrado por Bessel parecía demasiado pequeño mientras que el aplastamiento obtenido por Clarke resultaba demasiado grande. Los resultados hallados por él en 1907 fueron,

$$a=6378200 \text{ m y } \alpha=1/298.3,$$

si bien el aplastamiento lo rectificó en el año 1915, atendiendo a más y modernas observaciones. En cuanto a la magnitud del radio ecuatorial, también lo modificó en esas mismas fechas en función del promedio de los seis obtenidos por las medidas de arcos realizadas en Europa, Asia y África, llegando así al valor

Si bien el método astronómico-geodésico de las áreas fue ideado por Helmert, su primera realización práctica se debió al ingeniero civil y geodesta norteamericano John Fillmore Hayford (1868-1925), quien eligió el elipsoide más probable para la zona objeto de estudio. Las medidas en las que se apoyó, fueron las que sirvieron para establecer las redes geodésicas y astronómicas de Estados Unidos, cuyos cálculos se realizaron a partir del Datum situado en Kansas: Meades Ranch ($\varphi= 39(13'26",686 \text{ N}, \lambda = 98(32'30",506 \text{ WG})$). El acimut del lado Meades Ranch-Waldo es de $65(28'9",64$, empleando el elipsoide de Clarke (1866) a propuesta del Inspector de los trabajos geodésicos y Jefe de la División de Cálculo, el propio Hayford (1901). Al final del proceso había que calcular los valores más probables no solo del semieje mayor y del aplastamiento del elipsoide, sino también de la profundidad de la superficie de compensación isostática.



El geodesta americano J. F. Hayford.

Una vez planteadas diversas profundidades de compensación para comprobar experimentalmente cual de las dife-

rentes estructuras satisfacía mejor la totalidad del sistema de ecuaciones, se aceptó como valor más probable una profundidad de 113.7 kilómetros. El algoritmo de cálculo empleado fue el de los mínimos cuadrados, publicándose los primeros resultados en el año 1909 con el título "Figure of the Earth and isostasy from measurement in the United States (Washington, 1909)" y los complementarios un año más tarde, "Supplementary investigation in 1909 of the Figure of the Earth and Isostasy". El resultado de cálculos tan laboriosos (sin el auxilio de la informática o de calculadoras científicas) es de sobra conocido:

$$\text{Semieje mayor o radio ecuatorial: } \dots 6378388 \pm 18 \text{ m.}$$

$$\text{Inverso de aplastamiento: } \dots 297,0 \pm 0,5.$$

$$\text{Semieje menor o polar: } \dots 6356909 \text{ m.}$$

Hayford tuvo en William Bowie (1872-1942) un estrecho colaborador, el impulsor principal de las campañas gravimétricas, terrestres y marítimas. De esa forma recopiló numerosas observaciones que demostraban la correlación entre las anomalías de la gravedad y los diferentes aspectos del relieve topográfico, validando por tanto la isostasia como un fenómeno geológico. Junto a Hayford calculó las tablas que permitían hallar la profundidad de compensación isostática, las cuales aparecieron dentro de la memoria que presentaron en 1912: "The effect of topography and isostatic compensation upon the intensity of gravity". Por otra parte, ambos geodestas colaboraron además en la determinación gravimétrica del aplastamiento terrestre, llegando a los valores siguientes: $1/298.4$ (1912) y $1/297.4$ (1917).



El geodesta americano W. Bowie, Presidente de la Asociación Internacional de Geodesia entre 1919 y 1933.

No es muy conocido el hecho de que el citado elipsoide de Hayford pasó a denominarse internacional a raíz de la resolución tomada por el Comité Ejecutivo de la Sección de Geodesia de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, reunido en Madrid el 24 de Septiembre de 1924, pocos días antes de celebrarse allí la segunda asamblea general. La reunión se celebró en Madrid atendiendo a la recomendación que hizo en su momento el Ingeniero Geógrafo español José Galbis Rodríguez (1868-1952), que contaba con la autorización expresa del Director General del Instituto Geográfico y Estadístico. Las sesiones de la Asamblea propiamente dicha tuvieron lugar entre los días 1 y 8 de octubre en el Salón del Congreso de los Diputados, cedido por el Gobierno a petición del propio Galbis.

Ingesis

Venta y alquiler de material topográfico

TOTALMENTE COMPATIBLE
CON LA RED ANDALUZA DE
POSICIONAMIENTO
RAP

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO
PARA ANDALUCÍA

Leica
Geosystems



GPS
ESTACIONES TOTALES
CONTROL DE MAQUINARIA
NIVELES Y ACCESORIOS
LASER

Córdoba

C/ Periodista Antonio Rodríguez Mesa, 10 14010

Tel. 957 752 392

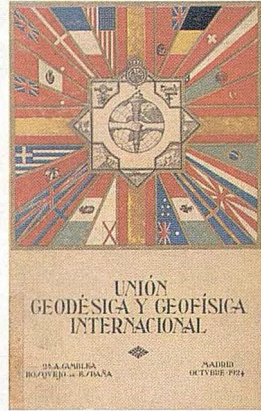
Fax. 957 751 388

Málaga

C/Trinidad Grund, 12 2ºb 29001

Tel. 629 587 655

Ingesis@ingesis.net www.ingesis.net

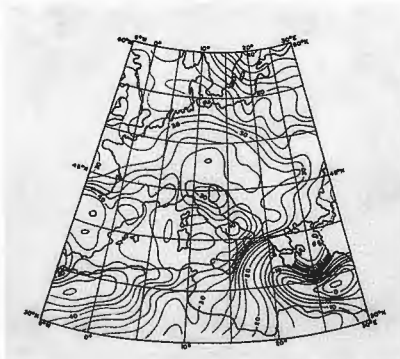


El general e Ingeniero Geógrafo J. Galbis y el cartel anunciador de la Asamblea internacional. Galbis creó el Cuerpo de Meteorólogos del Estado y confeccionó el primer catálogo sísmico de España.

La metodología de Hayford fue seguida en años sucesivos por otros geodestas. Así procedería Wiekko Alexanteri Heiskanen (1895-1971), quien analizando los datos europeos y los procedentes de Estados Unidos hizo una importante labor de síntesis entre los años 1925 y 1935; así pudo proponer nuevos modelos elipsoidales, que mejoraban los anteriores. Igual de sobresaliente fue su determinación gravimétrica del Geoide, durante su estancia en la Universidad Estatal de Ohio, fruto de un proyecto de investigación realizado entre los años 1950 y 1957, apoyándose en los datos proporcionados por numerosas medidas de la gravedad. El resultado lo publicó en el año 1957 con el nombre de Geoide de Columbus, referido solo al hemisferio Norte y construido sobre el elipsoide de Hayford, con una equidistancia de dos metros entre las curvas de nivel. Otros resultados de su programa fueron que el aplastamiento terrestre en el hemisferio Norte era menor que en el Sur, un fenómeno que sería confirmado más tarde por la Geodesia espacial.



W. A. Heiskanen, un geodesta finlandés afincado en EE. UU., y un fragmento de su modelo geoidal; dirigió el Instituto Geodésico de su país entre 1949 y 1961.



Otro de los geodestas que empleó el método de las áreas para estudiar la forma y dimensiones del elipsoide terrestre más probable, fue el ruso Theodosy Nicolaievitch Krasovsky (1878-1948). Para ello utilizó las medidas realizadas en la extensa red geodésica y de estaciones astronómicas existente en la desaparecida URSS, disponibles hacia el año 1930. Su primera conclusión de que el elipsoide de Bessel, que se había venido usando hasta entonces, no era el que mejor se ajustaba a la zona estudiada por poseer un semieje ecuatorial demasiado pequeño fue plenamente ratificada por los estudios posteriores que cifraron la discrepancia en torno a los 850 metros. Estos estudios fueron dirigidos por él mismo y realizados por miembros del Instituto Superior de Ingenieros Geodestas, Aerofotogrametras y Cartógrafos de Moscú, destacando sobre todos el gran trabajo del Ingeniero A. A. Izótov.



El geodesta ruso T. N. Krasovsky.

El programa se efectuó durante diez años, recomendándose en 1940 un nuevo elipsoide para la URSS, que fue aprobado por el Consejo de Ministros del 7 de Abril de 1946, asignándole el nombre de Krasovsky e identificándolo por los parámetros:

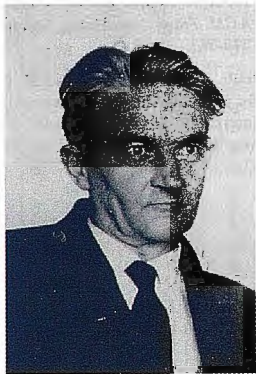
semieje mayor $a = 6378345 \pm 60$ m.

aplastamiento $\alpha = 1/298.3$

Fue esta determinación la más exacta realizada hasta entonces al haber hecho intervenir, por primera vez, en la misma los datos de las triangulaciones y los de la también extensa red gravimétrica, además de incluir observaciones de Europa Occidental y de los Estados Unidos.

De esa forma la zona objeto de estudio alcanzó los 20 millones de kilómetros cuadrados aproximadamente. Su triangulación, en gran parte posterior a 1930, se realizó de acuerdo con la nueva normativa internacional, con densidades de bases y estaciones astronómicas cada 100 kilómetros, en las cuales se determinó la desviación de la vertical mediante los datos gravimétricos. Conviene hacer notar que el valor hallado para el aplastamiento coincide con el que se acepta actualmente, una vez analizados los datos gravimétricos más completos (terrestres y marítimos) y los proporcionados por las observaciones relacionadas con los satélites artificiales. Krasovsky fue por lo tanto el principal impulsor de la denominada nivelación astrogravimétrica, que perfeccionaría después M. S. Molodensky para poder determinar directamente la figura de la superficie física de la Tierra y de su campo gravitatorio externo. El elipsoide de Krasovsky, fue el modelo matemático que se representó en la cartografía básica de todos los países sometidos a la influencia soviética.

Las investigaciones del ruso Mikhail Sergeevich Molodensky (1909-1991) en el campo de las altitudes le permitieron demostrar que si la altitud geométrica se expresaba como suma de la ortométrica y de la ondulación del geoide, no podría calcularse ninguno de los sumandos de forma rigurosa sin haber adoptado una hipótesis sobre la estructura interna de la Tierra. Si por el contrario, se hacía igual a la suma de la altitud normal y de la llamada anomalía de la altitud, si podrían obtenerse con toda exactitud. Molodensky introdujo el término cuasigeoide para referirse a una superficie que dista del elipsoide una magnitud igual a la citada anomalía. La metodología impuesta por Molodensky hacia 1945 fue puesta a punto por sus discípulos del Instituto Nacional de geodesia, Fotogrametría y Cartografía de la URSS, culminándose así una obra maestra, que rectificó en fondo y forma todos los conceptos básicos de la geodesia, al tiempo que la dotaba de una formulación matemática más rigurosa.



El geodesta M. S. Molodensky.

Más tarde, entre 1960 y 1961, el geodesta finlandés Reino Antero Hirvonen (1908-1989) acuñó el vocablo teluroide para identificar la superficie que dista del elipsoide una cantidad igual al valor de la altitud normal; a él debe atribuírsele también el aplicar por primera vez la fórmula del inglés George Gabriel Stokes (1819-1903) para calcular el geoide gravimétrico, tras medir la gravedad en 186 estaciones

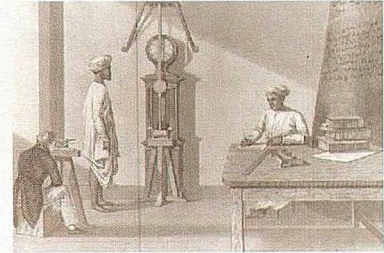
entre los años 1824 y 1937. La continua realización de observaciones gravimétricas que se vienen comentando en los años transcurridos de este siglo XX, son prueba del desarrollo y consolidación de la gravimetría, así como de su contribución al mejor conocimiento de la figura de la Tierra. Dos fueron los métodos empleados para medir la aceleración de la gravedad, proporcionando en un caso mediciones absolutas de la misma y relativas en el otro. En ambos supuestos pueden emplearse procedimientos diferentes para evaluar la gravedad. El método más actual para calcular dicho valor absoluto es el de la caída libre, aunque haya que vencer muchas dificultades si la precisión requerida es elevada.



El geodesta R. A. Hirvonen en el Departamento de Física de la Universidad de Helsinki.

Conviene hacer en este momento un paréntesis para recordar que fue muy clásico el método pendular para deter-

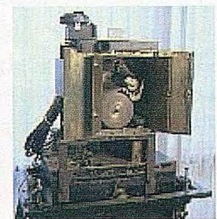
minar el valor absoluto de la gravedad, el cual se basaba en la medida previa de la longitud del péndulo y en la correcta obtención del período de la oscilación; deben destacarse como variantes del método las introducidas por Bessel en las medidas que efectuó en Königsberg y Berlín en el año 1835, y sobre todo las de Henry Kater (1777-1835), que con su péndulo reversible, diseñado en el año 1815, determinó el valor absoluto de la gravedad en Londres.



El capitán H. Kater y un experimento con su péndulo en Madras al Sureste de la India.

Kater hizo además observaciones gravimétricas sobre los principales vértices de la red geodésica de Gran Bretaña, con el fin de calcular la variación de la longitud de un péndulo que batía segundos. La comunicación correspondiente la leyó ante la "Royal Society of London" en el mes de junio de 1819, siendo incluida después en sus "Philosophical Transactions".

La importancia de la gravimetría para el conocimiento de la figura de la Tierra era tal a esas alturas del siglo XX, que un grupo selecto de geodestas propuso la necesidad de efectuar un levantamiento gravimétrico de carácter global, sin embargo su recomendación se vio dramáticamente pospuesta por la segunda guerra mundial. Uno de ellos fue el holandés Félix Andries Vening-Meinesz (1887-1966) cuya aportación más conocida y sobresaliente en el dominio de la Gravimetría fue la puesta a punto de un instrumental y una metodología que permitieron lograr determinaciones gravimétricas precisas en el mar, prestando de ese modo a la Geodesia un servicio inapreciable, pues hasta entonces solo se hablaba de geoide y elipsoides terrestres. Con su equipo instrumental realizó varios ensayos en terrenos inestables de Holanda, suponiendo que podía ser válido también para las observaciones marítimas.

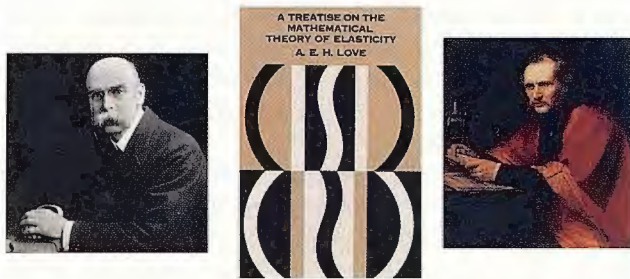


F. A. Vening Meinesz con su gravímetro marino. El geodesta y geofísico holandés presidió la Asociación Internacional de Geodesia entre los años 1933 y 1946.

Las primeras medidas las efectuó en 1922, aunque resultara decisivo su viaje, del año 1923, a Indonesia a bordo de un submarino de la armada holandesa. Los resultados de

sus expediciones científicas los presentó en el año 1924, dentro de la Asamblea de la Unión Geodésica y Geofísica celebrada en Madrid, siendo acogidos muy satisfactoriamente por todos los congresistas. Después de varias innovaciones, el instrumental adquirió su forma definitiva y el profesor Vening-Meinesz publicó su obra maestra en el año 1929 "Theory and Practice of Pendulous Observations at Sea". A partir de entonces se multiplicaron las observaciones gravimétricas marinas, el propio geodesta holandés participó entre los años 1929 y 1935 en varias campañas recorriendo prácticamente todos los océanos; así el método se convirtió en práctica habitual hasta que a comienzos de los años 60 se diseñan los primeros gravímetros marinos, basándose en los terrestres.

Aunque hasta que aparecieron los gravímetros más desarrollados no pudo confirmarse la variabilidad temporal de la gravedad, hoy día puede cuantificarse su variación debida a las mareas terrestres. Recientemente la Oficina Internacional de Pesas y Medidas ha comprobado que existen además otro tipo de variaciones con amplitudes similares a las incertidumbres instrumentales y por tanto muy difíciles de cuantificar.

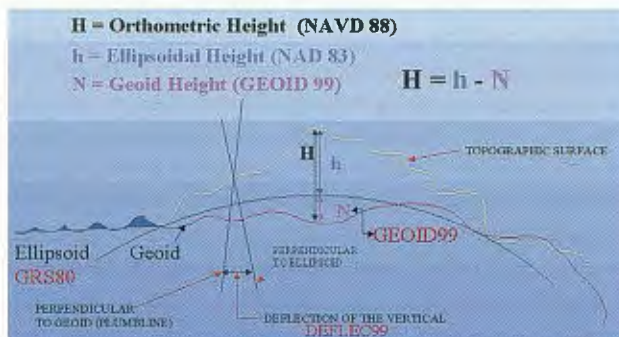


A. E. H. Love, una edición actual de su teoría de la elasticidad y W. Thomson, más conocido como Lord Kelvin.

El geofísico y matemático inglés Augustus Edward Hough Love (1863-1940) fue el que en 1909 sentó las bases de la moderna investigación, si bien es pertinente recordar que se debe al irlandés William Thomson (1824-1907) el primer estudio sobre las mareas terrestres y que Laplace explicó también por primera vez su teoría estática de las mareas oceánicas, haciendo intervenir solo las acciones atractivas sobre una Tierra recubierta de una capa líquida. El tratamiento matemático dado por Love a la elasticidad es plenamente vigente y de gran aplicación en los estudios sismológicos.

Dentro de la Gravimetría debe contemplarse además el estudio de las nivelaciones de precisión, ya que sin un adecuado conocimiento de la intensidad de la gravedad deja de tener un sentido preciso el propio concepto de altitud. Conviene insistir en la importancia de esta tercera coordenada geodésica, no solo por que permite localizar la superficie física de la Tierra tomando como referencia el geoido o el elipsoide, sino porque es imprescindible para poder reducir las observaciones realizadas a la referencia elegida. La frase altitud sobre el nivel del mar no tiene un significado concreto, ya que su vinculación a la noción de pendiente (circulación del agua) es diferente de la relativa a la distancia vertical (altura de una montaña). Sabido que la energía potencial depende de la altitud y de la gravedad, se comprende que las superficies equipotenciales no puedan ser paralelas al depender la gravedad de la latitud. Las

consecuencias son obvias: una superficie equidistante del geoido no es de nivel puesto que discurriría el agua entre sus puntos, o bien entre puntos situados a diferente distancia del geoido puede que no discurra el agua; en términos topográficos se resumen las afirmaciones anteriores diciendo que el desnivel observado entre dos puntos depende del itinerario seguido.



La vertical física, la normal al elipsoide, la altitud ortométrica, la geométrica o elipsoidal, la ondulación del geoido y la desviación de la vertical.

Alcanzada ya la mitad del siglo XX procede hacer un balance del estado del conocimiento geodésico, antes de abordar su más reciente y extraordinario desarrollo. El resumen puede comenzarse con la afirmación de que por aquel entonces se sabía que las ondulaciones o alturas del geoido con relación al elipsoide de revolución eran menores de 100 metros, siendo el modelo más representativo el propuesto por Krasovsky. Igualmente era conocida la posibilidad de evaluar tales discrepancias por dos procedimientos: uno astrogeodésico y otro esencialmente gravimétrico; siendo conscientes de la necesidad de densificar las medidas de la gravedad para obtener representaciones fidedignas del geoido, asimismo se tenía el convencimiento de que el problema gravimétrico en el mar debía resolverse de forma más rigurosa.

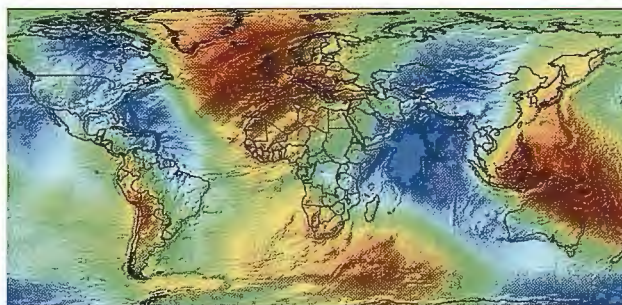


Imagen cartográfica global e hipsométrica de las ondulaciones del geoido, en las zonas de color marrón está este por encima del elipsoide.

También se tenía la certeza de que el nivel medio del mar equivalía a una superficie equipotencial del campo gravítico con márgenes decimétricos, pudiendo medirse los desplazamientos del polo y las mareas terrestres. Sin embargo las medidas sistemáticas de las diferencias de longitudes no había podido confirmar todavía la deriva continental o si se prefiere la separación de placas tectónicas, tampoco había podido establecerse una red geodésica mundial, al ser imposibles los enlaces intercontinentales, con la consiguiente falta de comprobación en aquellos sistemas geodésicos aislados cuyas posiciones relativas estaban afectadas de errores hectométricos. Aunque se comenza-

CAMARA DIGITAL - SISTEMA INERCIAL - LIDAR - RADAR - ESCANER



CERTIFICADO Nº 8076



azimut,s.a.
www.azimutsa.com

Barcelona, 28 1º.28028 Madrid Tel: 91 7262509 - Fax: 91 7257808 e mail: azimutsa@azimutsa.com

España - Portugal - Alemania - Camerún - Nicaragua - Costa Rica - Colombia

ba a medir la caída libre de los cuerpos y a hallar por tanto la gravedad absoluta, no era posible aún extrapolar al espacio el campo de la gravedad superficial.

Precisamente fue en esos años cuando se inició la revolución tecnológica. Dentro de ella hay que situar la invención del radar ("radio detection and ranging") que resultaría decisiva para el posterior diseño de los instrumentos geodésicos, y que surgió como respuesta a las necesidades armamentísticas y de defensa propias de la segunda guerra mundial. En esa misma época aparecieron las primeras calculadoras electrónicas que abrieron nuevos horizontes para todas aquellas operaciones matemáticas consideradas como inabordables en el pasado, como es bien sabido la irrupción de los ordenadores no solo supuso un aumento en la velocidad de los cálculos sino que logró modificar la propia concepción de los problemas geodésicos.

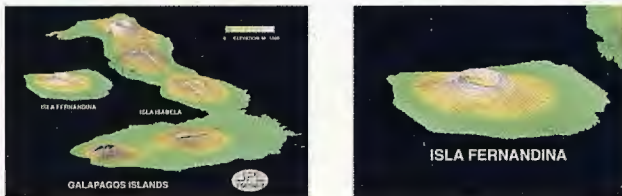
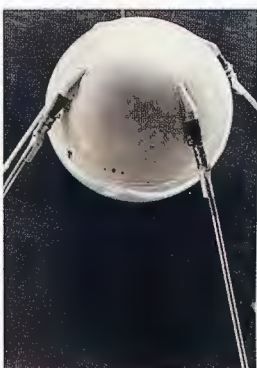


Imagen radar de las Islas Galápagos y detalle de la Isla Fernandina.

Durante los siglos anteriores la observación de los ángulos horizontales fue la operación geodésica por excelencia, en detrimento de la medición de distancias, por no poderse evaluar estas con la necesaria precisión salvo en las muy contadas bases geodésicas. Poco después de la guerra aparecieron en el mercado los primeros medidores electromagnéticos de distancias suficientemente precisos para ser considerados de utilidad geodésica. Tales instrumentos, usando primero luz polarizada, después radio ondas y finalmente lasers, cambiaron toda la metodología del posicionamiento geodésico volviendo obsoleta la tradicional técnica de la triangulación, surgiendo en primer lugar la trilateración para terminar con la poligonación geodésica como método terrestre y planimétrico más preciso.



El satélite Sputnik I y la delegación soviética que anunció su próximo lanzamiento. El anuncio se realizó en Copenhague en el mes de agosto de 1955, aprovechando que celebraba una asamblea la "Internacional Astronautical Federation".

El lanzamiento del primer Sputnik ruso el 4 de Octubre de 1957 conmocionó a la comunidad científica al tiempo que despertaba expectativas que en los años siguientes se verían de sobra confirmadas, al resultar afectadas casi todas las ramas de la ciencia e inclusive la vida cotidiana, por las nuevas aportaciones que surgieron en la meteorología, en las telecomunicaciones, en la navegación y, en general, en todas las Ciencias de la Tierra. Por primera vez podían usarse objetos del espacio exterior, pasivos o activos, para posicionar puntos de la superficie terrestre sin la limitación impuesta por la intervisibilidad, una condición imprescindible para los métodos terrestres convencionales. Al mismo tiempo la poca altitud de los satélites ofreció la oportunidad de estudiar la geometría del campo de la gravedad terrestre, basándose en las observaciones directas de su trayectoria perturbada. Por otra parte los satélites permitieron la realización de un nuevo proyecto geodésico: el estudio y representación del campo gravimétrico externo con la consecuente predicción de la órbita del satélite.

Otra consecuencia, quizás inesperada, del programa espacial fue la navegación inercial y los denominados sistemas de posicionamiento, sistemas tecnológicamente muy complejos que fueron posibles por el desarrollo de los sensores y demás instrumentos relacionados con la aceleración y orientación de los satélites, los cuales fueron a su vez fruto del decisivo desarrollo de la microelectrónica. El progreso alcanzaría a otras ramas de las ciencias de la Tierra que se beneficiaron así de las técnicas geodésicas y naturalmente de sus resultados: geofísica, ciencia espacial, astronomía y oceanografía, son cuatro ejemplos notables. Particularmente fructífera viene siendo la relación geodesia-geofísica debiendo señalar como hecho crucial que desde los años 60-70 es universalmente aceptada la hipótesis de la tectónica de placas. Hoy día es también incontestable que las velocidades de sus movimientos relativos son perfectamente evaluables con la tecnología astronómico-geodésica, siendo la geodesia la que puede proporcionar mayor información sobre la geometría de tales movimientos.



Imagen cartográfica de las placas tectónicas y de las direcciones en que se desplazan.

La primera Red Europea de Triangulación surge propiciada por el desarrollo de los medios de cálculo y por la intervención decisiva del "Army Map Service" (A.M.S) de los EE.UU. con su propuesta de realizar una compensación conjunta de la misma. La guerra fría, entonces en su punto álgido, impuso que todas las naciones de la Europa del

Este quedasen al margen de tan interesante proyecto; el resto de los países proporcionó los datos correspondientes a sus cadenas de primer orden a través de la Asociación Geodésica Internacional (A.I.G). El cálculo fue realizado en el Coast and Geodetic Survey bajo la dirección de Ch. A. Whilten, basándose en el elipsoide de Hayford y en un conjunto de estaciones astronómicas.



El geodesta irlandés Guy Bomford y su geode, el primero que se formó en Europa.

Cada nación recibió los resultados que le afectaban, aunque en años posteriores publicase el general Guy Bomford (1899-1996) una lista de las desviaciones de la vertical extendida a otros países; unos valores que le permitieron publicar el primer geode europeo referido a la Torre de Helmert en Postdam en el año 1963, el trabajo sería completado después por Jean Jacques Levallois (1911-2001), que publicaría su propio geode en el año 1965. La citada compensación es el origen del conocido Datum Europeo de 1950 (ED 50), centrado precisamente en dicha torre ($\varphi = 52(13', \lambda = 13(4' EG)$).



El Ingeniero Geógrafo francés Jean Jacques Levallois y el geode que presentó, el detalle del geode español es una rectificación suya del año 1978.

Aunque la compensación fuera un excelente trabajo de conjunto, pronto se comprobarían sus deficiencias al hacer intervenir nuevas observaciones angulares, medidas directas de distancias y los, por entonces novedosos, resultados de la incipiente geodesia espacial (Doppler fundamentalmente). En el año 1954 decidió la AIG crear una Comisión Europea, denominada RETRIG (Reajuste de la Triangulación Europea), con el objetivo principal de revisar los resultados de los cálculos americanos y por tanto el propio Datum ED50. Las resoluciones del simposio celebrado en Munich (1956) fueron entre otras:

La Red Europea quedaba construida por el conjunto de las triangulaciones nacionales de primer orden.

La compensación se haría por aplicación del método de variación de coordenadas.

El elipsoide continuaría siendo el de Hayford, pero el punto fundamental se trasladaba a Munich,

Frauenkirche, ED 50: $\varphi = 48(8'22" . 23N, \lambda = 11(34'26" . 49 EG$.

Si bien cada país se encargó de realizar sus propios cálculos, el Centro de Munich fue el principal (auxiliado por los

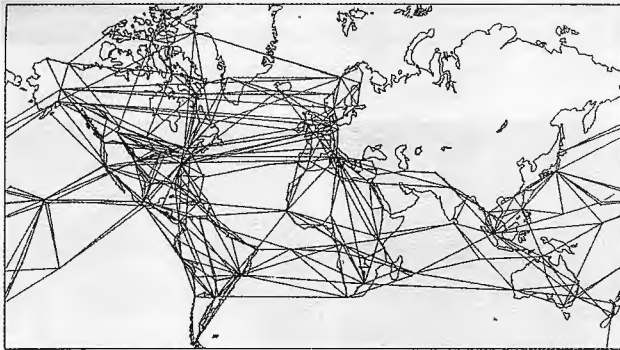
de Delft, Londres y París). Tras varias etapas intermedias con resultados provisionales, se lograron los definitivos en 1979, llegando así a la red RETRIG 79 y al nuevo sistema geodésico ED79 (Elipsoide internacional y Punto Fundamental en Munich). La Comisión RETRIG continuó funcionando satisfactoriamente dentro de la AIG con aportaciones destacadas, relacionadas con el continuo perfeccionamiento posicional de cada vértice de la red y con la mejora de su diseño. Finalmente la Comisión RETRIG se disolvió en el año 1987 tras presentar en Lisboa el nuevo sistema geodésico ED87. En la misma reunión se acordó la creación de la Comisión EUREF encargada de incorporar a los estudios geodésicos los datos procedentes de la Geodesia Espacial y formar así una red geodésica global basada en un sistema de referencia más preciso que los anteriores.



La Red Europea Unificada de Nivelación y puntos de referencia.

La creación en 1954 de la Comisión RETRIG favoreció muy probablemente el que se abordara otro gran proyecto: La Red Europea Unificada de Nivelación (REUN), también echo posible por los requerimientos de la AIG. El simposio celebrado en Florencia (1955) analizó sus principales características, sobresaliendo la compensación general de todas las redes nacionales. Entre las decisiones tomadas caben señalar la de elegir un único origen de altitudes coincidente con el cero normal de Amsterdam, la de seleccionar los anillos más fiables de cada país, la de expresar las altitudes en forma de cotas neopotenciales y la necesidad de enlazar los mareógrafos, con toda la meticulosidad posible, a la red, así como la de reducir a una época origen (1950.0) todos sus datos. Los cálculos se efectuaron en los centros situados en Delft, Stuttgart y París, designándose al danés O. Simonsen como coordinador de todo el trabajo. Los primeros resultados de 1957 fueron corregidos por los del año 1970 y por los más recientes de los años 80. Gracias a los cálculos y estudios relacionados con la REUN puede afirmarse que el nivel del mar se eleva en función del tiempo en todas las costas europeas. Por otra parte se ha podido evaluar el desnivel entre el Atlántico y el Mediterráneo, una magnitud siempre positiva y comprendida entre 0.20 m y 0.45 m según M. H. Lacombe. En el año 1953 se concretó un tercer proyecto, comple-

mentario de los dos anteriores (RETRIG y REUN), también propuesto por la AIG, con el objetivo de formar una red gravimétrica mundial que permitiera un estudio y conocimiento cabal de nuestro campo gravitatorio. Para ello se seleccionaron un conjunto de estaciones bien distribuidas en donde se mediría la gravedad con instrumentos pendulares debidamente contrastados y con los mejores gravímetros, definiendo así una referencia mundial y homogénea. Las bases principales de contrastación fueron: una europea desde Catania (Sicilia) a Hammerfest (al Norte de Noruega), otra americana desde Ushuaia (Patagonia) a Point Barrow (Alaska) y la del Pacífico con extremos en Christchurch (Nueva Zelanda) y Sapporo (Japón).

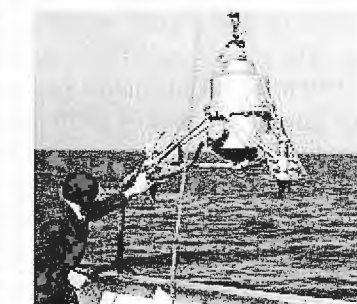


La red gravimétrica internacional IGSN 1971.

No obstante la nueva definición de unidades tan fundamentales como el metro y el segundo, así como su rápida aplicación metrológica, hizo viable la posibilidad de efectuar medidas absolutas de la gravedad mediante la caída libre, con una precisión muy superior a todas las realizadas anteriormente. Todo ello favoreció la aparición en el año 1971 del Sistema Numérico IGSN (International Gravity Standardization Net), basado en los trabajos gravimétricos posteriores a 1953 y en las mediciones absolutas disponibles. El nuevo sistema modificó el valor primitivo de la gravedad en Postdam, fijándolo en

$$g = 981.26019 \text{ gals,}$$

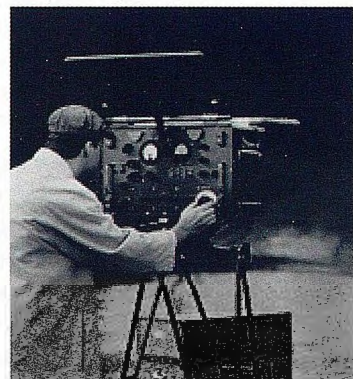
es decir una magnitud que solo se diferencia en 13.81 miligals de la calculada en el año 1905. El grupo de trabajo que hizo posible los resultados anteriores estuvo construido por R. Mac Connel, J. Tanner (Canadá), T. Honkasalo (Finlandia), G. Gantar, C. Morelli (Italia) y B. Szabo, U. Uotila, C. Whalen (EE.UU.)



El geodesta T. Honkasalo, a la derecha intenta coger el gravímetro para hacer una observación en el Mar Báltico.

La aparición de los instrumentos EDM (Electromagnetic Distance Measurement) supuso un salto cualitativo de enorme transcendencia en la observación geodésica y en su propia metodología. Ciertamente, la posibilidad de medir directamente los lados geodésicos de cualquier orden con incertidumbres análogas a las logradas antes en las medidas de las bases, hizo que estas quedasen superadas, y que surgiera un nuevo método de medida, la trilateración, como clara alternativa a la triangulación convencional. Más tarde el otrora clásico procedimiento topográfico de la poligonación se convertiría en geodésico al homogeneizarse la precisión alcanzada en la evaluación de ángulos y de distancias, este método ha pasado a ser el ideal en aquellas zonas en que sea preciso establecer un cierto conjunto de puntos cuya posición necesite ser muy bien determinada, para que puedan servir de apoyo geodésico a levantamientos posteriores. De esa forma el concepto de red geodésica continua ha dejado, en cierta medida, de tener sentido para regiones en que no se hubiese realizado previamente, comenzando a emplearse el concepto de geodesia filiforme para referirse a la realizada a lo largo de líneas de interés y desarrollo económico inmediatos. El novedoso término puede afianzarse en cuanto que con las modernas tecnológicas GPS se puede obtener análogo objetivo con una disposición similar de puntos localizados en las mismas zonas de interés.

Es sabido que el inicio de la medida electromagnética de distancias coincide con el experimento realizado por el sueco Erik Bergstrand (1906-1972) en 1947 para medir la velocidad de la luz. Todos los instrumentos tienen un fundamento idéntico y tan sencillo como que la distancia es igual al producto de la velocidad de propagación por el tiempo invertido, naturalmente la medida del tiempo (ida y vuelta) se hace por procedimientos indirectos basados en la medida de la diferencia de fase.



El sueco Eric Bergstrand con un prototipo de su geodímetro.

La clasificación de los instrumentos puede hacerse atendiendo a la frecuencia de la onda portadora, destacando el Telurómetro entre aquellos que emplean ondas de radio centimétricas y el Geodímetro (Geodetic distance meter) entre los que usan la longitud de onda del espectro visible. Los instrumentos conocidos con el nombre genérico de geodímetros tienen su antecedente más antiguo en el prototipo diseñado por Bergstrand en 1947, aunque el primer modelo comercial se lanzara al mercado con el nombre de AGA 1 en el año 1953. Si bien, en un principio, su diseño obedeció solo a la posible medida de bases o a otras líneas de interés, los últimos modelos fueron pensados para apli-

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

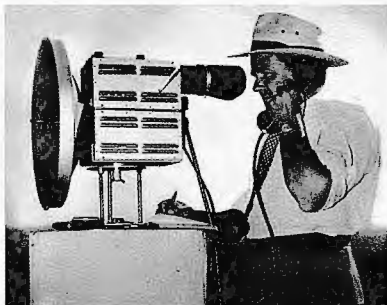


GRUPO

AZERTIA

www.azertia.com

caciones más generales, incorporando las versiones recientes la tecnología láser y prismas retrodireccionales, cuyo número depende de la distancia y de las condiciones de visibilidad, colocados sobre el trípode (o pilar en su caso) estacionado en uno de los extremos del lado a medir. Los instrumentos que usan ondas radio centimétricas se caracterizan porque la trayectoria del rayo es prácticamente rectilínea, de modo que ocasionalmente puede producirse alguna reflexión por los accidentes de la superficie topográfica. Al igual que ocurrió con los goedímetros, los telurómetros se proyectaron para medidas de bases geodésicas aunque en la actualidad su utilidad se extienda a todos los campos de la ingeniería civil, con alcances variables entre 50 m y 50 km.



El ingeniero sudafricano T. L. Wadley con el prototipo de su telurómetro.

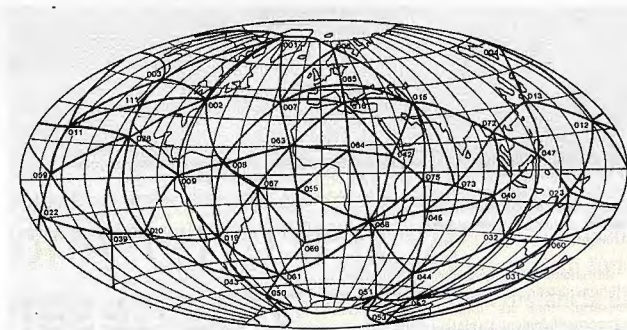
Todos estos instrumentos tienen su origen en el ideado por el ingeniero sudafricano Trevord Lloyd Wadley (1920-1981), comercializado en 1957 con el nombre de Telurómetro; el aparato podía montarse sobre un trípode convencional: una parte, el master, en un extremo de la línea, y otra, el remote, en el opuesto. Ambas unidades son intercambiables, comunicándose los operadores gracias al sistema integrado en las mismas. En las versiones modernas se incorporan microprocesadores que logran obtener directamente la distancia sin que el operador deba seleccionar las frecuencias.

En breve espacio de tiempo la geodesia por satélites, comúnmente conocida como geodesia espacial, ha alcanzado un nivel de desarrollo tal que ya se contempla como una disciplina autónoma. La geodesia espacial comprende las técnicas de observación y cálculo que permiten solucionar los problemas geodésicos basándose en las medidas precisas relacionadas con los satélites artificiales. Los problemas se refieren a la determinación global, regional y local del posicionamiento tridimensional, al campo de gravedad terrestre y al estudio detallado de las funciones que lo definen, asimismo se pretenden medir fenómenos geodinámicos y establecer los modelos correspondientes.



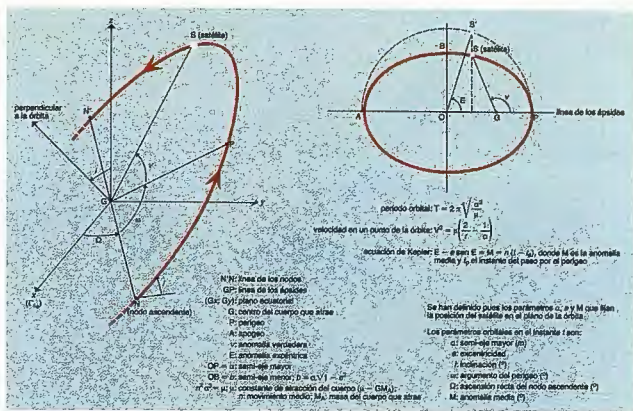
El satélite Pageos (Passive Geodetic Earth Orbiting Satellite) era un globo de la Nasa de 30 metros de diámetro, recubierto de aluminio, que reflejaba la luz solar y era visible desde la Tierra con el resplandor de la estrella polar, en el año 1975 se rompió en docenas de fragmentos. La fotografía del Instituto Geográfico Nacional de Francia muestra su trayectoria sobre el fondo de estrellas.

Desde un primer momento se contemplaron los satélites como vértices geodésicos con una altitud de varios cientos de kilómetros, que podían fotografiarse en el mismo instante, identificando su posición (dirección) sobre el fondo estrellado desde estaciones diferentes. Así se obtenían dos haces de rayos homólogos y convergentes que permitían enlazar ambas estaciones aunque estuviesen muy alejadas y no fuesen visibles entre sí. Ese fue el principio de la geodesia espacial geométrica, empleado hasta que fue superada por la introducción del láser en la segunda mitad de la década de los años 60. Con los procedimientos que la caracterizaban, el "Coast and Geodetic Survey" formó entre 1960 y 1970 una red geodésica mundial, basada en cinco grandes bases continentales y en los datos proporcionados por las observaciones realizadas desde cuarenta y cinco estaciones al satélite Pageos; el cual fue lanzado el 23 de Junio de 1966 desde Vandenberg por un cohete Agena D que lo situó en una órbita con una altitud próxima a los 4200 metros y una inclinación de 87°



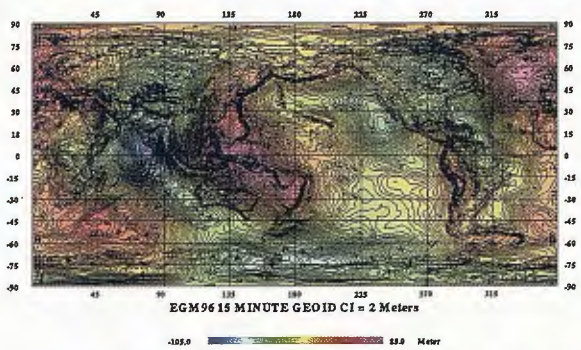
Sistema Geodésico Mundial publicado por H. H. Schmid en 1972.

En el año 1964 los americanos y los franceses introdujeron una nueva técnica que acabaría por revolucionar la todavía incipiente geodesia espacial, ambos lograron construir estaciones de observación que llevaban incorporado un dispositivo laser ("Light amplification by stimulated emission of radiation"), el cual permitía enviar una señal luminosa hacia el satélite, registrándose el instante en que se emitía. Los reflectores colocados en los satélites reflejaban la luz que les alcanzaba en la dirección de que procedía, de modo que parte de la señal así reflejada llegaba de nuevo a la estación de partida registrándose exactamente tal instante, consecuentemente resultaba inmediato el conocimiento de la distancia al satélite como producto de la velocidad de la luz y de la diferencia temporal entre ambos instantes. Integrado el dispositivo laser en la cámara de seguimiento del satélite, pudieron por tanto medirse los lados formados por la estación terrestre y el satélite, con una consecuencia fundamental para la geodesia espacial. Fue a partir de entonces cuando se consiguieron resultados más precisos que los logrados a través de la geodesia terrestre convencional, la causa no era otra que la gran precisión de la distanciometría laser, muy superior a la de todas las determinaciones anteriores. La Geodesia espacial superó así a la metodología previa, consiguiendo determinar la posición completa de los puntos de la superficie de la Tierra de manera totalmente independiente.



Localización de un satélite artificial. Obsérvense los seis elementos keplerianos en el posicionamiento espacial.

En una primera aproximación, se puede considerar que las trayectorias de los satélites son elípticas, coincidiendo uno de sus focos con el centro de la Tierra, si bien el movimiento real es muy complejo (problema de los n cuerpos). Como es sabido el plano orbital y la propia posición espacial del satélite se identifican con los parámetros orbitales o de Kepler: a, e, i, Ω, ω y M, correspondientes respectivamente al semieje mayor, a la excentricidad de la órbita, a la inclinación de su plano sobre el ecuador, a la ascensión recta del nodo ascendente, al argumento del perigeo y a la anomalía media. Durante el movimiento real del satélite no solo es su anomalía media la que varía con el tiempo sino que lo hacen también el resto de los parámetros keplerianos. Conocido el campo de la gravedad terrestre se podría evaluar el valor de la fuerza atractiva en cada punto de la trayectoria y calcular esta basándose en las sucesivas posiciones del satélite. El proceso es reversible, esto es, si se dispone de numerosas observaciones de un satélite hasta el punto de poder restablecer su trayectoria, podrían también calcularse las fuerzas que la originan y determinar así el campo de gravedad de la Tierra.

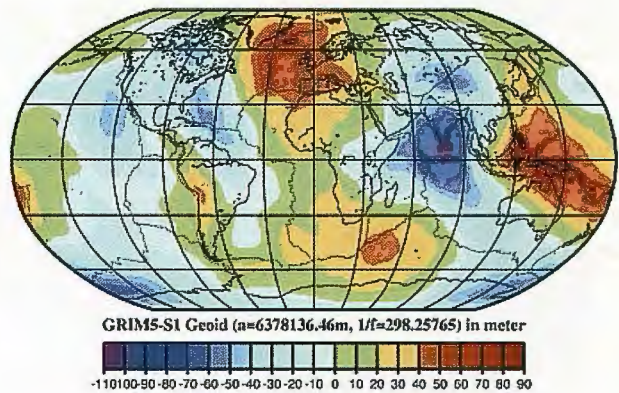


El geoides EGM 96 (The NASA GSFC and NIMA Joint Neopotential Model).

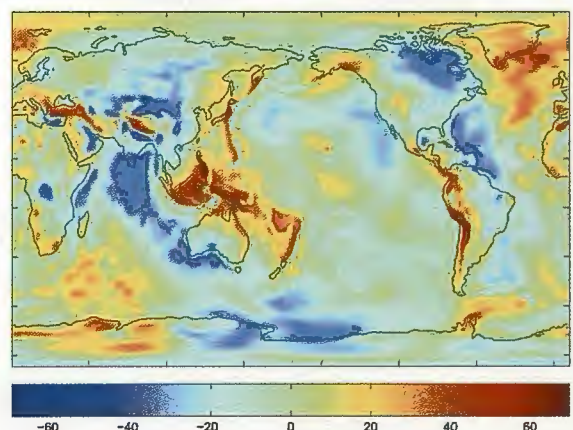
El conocimiento de esas fuerzas gravitatorias que actúan sobre el satélite se hace extensivo a la propia superficie terrestre, pudiendo así deducir la forma de una superficie equipotencial origen (el geoides) y por tanto la de la Tierra. Ahora bien para determinar con precisión la trayectoria de los satélites es necesario observarlos desde estaciones cuyas coordenadas hayan sido previamente determinadas, se incurre así en una especie de círculo vicioso que se resuelve interpretando adecuadamente las observaciones efectuadas y considerando dos grupos de incógnitas: las posiciones geocéntricas de las estaciones terrestres y los parámetros que caracterizan a las fuerzas atractivas que

actúan sobre los satélites; asimismo sería necesario fijar, por último, los valores iniciales de los parámetros anteriores, ya que en definitiva van a ser ellos los que determinan el posterior movimiento del satélite. Ese es el principio de la llamada geodesia espacial dinámica, debiéndose el segundo calificativo al imprescindible estudio del movimiento del satélite artificial, la cual desbancó de inmediato a su homóloga geométrica.

Como puede suponerse la resolución del problema es sumamente complicada, puesto que se basa en una generalización del método de los mínimos cuadrados a un espacio de dimensión infinita, conocida con el nombre de colocación. Aplicado ese tratamiento estadístico puede determinarse, a partir de un número suficiente de observaciones realizadas desde otras tantas estaciones, lo siguiente: la posición de las estaciones sobre un sistema de referencia geocéntrico, los coeficientes del potencial de la gravedad, los parámetros relativos a los modelos utilizados para las fuerzas no gravitacionales, el movimiento del polo y las fluctuaciones de la velocidad de rotación terrestre.

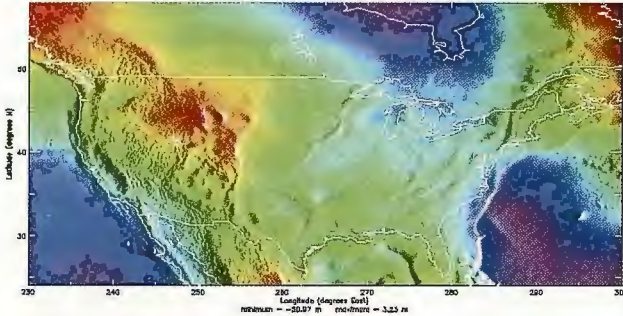


Naturalmente estos resultados, que en cada caso definen un sistema geodésico, sirven para completar las medidas gravimétricas terrestres y por supuesto para un mayor conocimiento del geoides. El primer sistema fue debido al «Smithsonian Astrophysical Observatory», el cual se presentó en el año 1966. Es difícil seleccionar alguno de entre los muchos modelos surgidos a partir de entonces, aunque pueda destacarse alguno de los elaborados por el grupo de investigación franco-alemán GRIM (Groupe de Recherches de Géodésie Spatiale de Francia y el Instituto de Geodesia de Munich).



Mapamundi con las anomalías de la gravedad (Proyecto GRACE). Recuérdese que tales magnitudes son la diferencia entre los valores de la gravedad sobre puntos del geoides y los teóricos previstos para las proyecciones de dichos puntos sobre el elipsoide medio terrestre, las cuales están fuertemente correladas con las separaciones entre ambas superficies.

Asimismo, los modelos del potencial terrestre elaborados por el equipo de geodesia espacial del "Goddard Space Flight Center" de la NASA, conocidos como GEM ("Goddard Earth Model") son unos de los más completos. Aún más novedosos serán los resultados que vaya proporcionando el proyecto GRACE ("Gravity Recovery and Climate Experiment"), auspiciado por la NASA y el Centro Aeroespacial Alemán; o bien los que continuamente viene presentando en EE.UU. su "Nacional Geodetic Survey", como actualización de modelos anteriores.



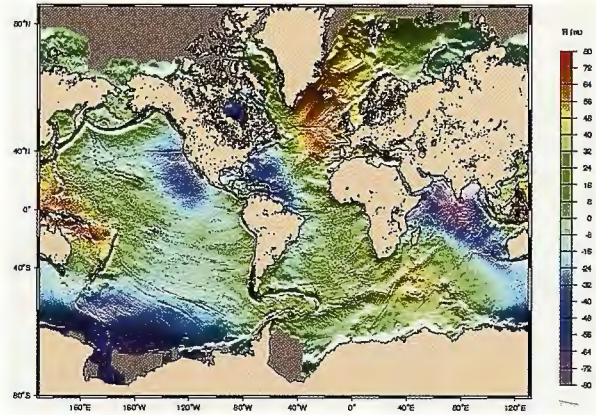
El geode norteamericano, un fragmento del Geoid 99, revisión del Geoid 96.

En el año 1974 surgió la altimetría por satélite como un nuevo método de la geodesia espacial, coincidiendo con la puesta en órbita del satélite GEOS 3 ("Geodynamics Experimental Ocean Satellite"); el satélite, con radar incorporado, fue lanzado el 10 de Abril de 1975, alcanzando una órbita con una inclinación de 115(y unas altitudes de 818 km en su perigeo y 858 km en su apogeo.



El satélite GEOS 3 de la NASA fue construido como parte del programa EOPAP (Earth and Ocean Physics Applications Program).

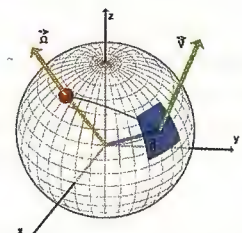
Así pudo medirse el tiempo mínimo necesario para que una onda emitida por el satélite se reflejara en la superficie oceánica y regresara de nuevo a su punto de partida, y en consecuencia calcular la altitud del satélite sobre el mar multiplicando la mitad del tiempo invertido por la velocidad de las ondas electromagnéticas. Como la cadencia de la onda emitida por el radar es muy elevada se pudieron medir miles de distancias de la trayectoria al océano, siempre función de los parámetros que definen la órbita del satélite y la forma del océano (aproximadamente la misma del geode).



El satélite Seasat 1 y un geode marino (AVISO) formado en Toulouse.

La precisión de estas medidas altimétricas ha pasado de los 2 metros del GEOS 3 al decímetro del SEASAT 1 (1978). Lógicamente el análisis de los resultados obtenidos por esta nivelación espacial ha sido de gran utilidad para conocer el geode marino con menos incertidumbre que el terrestre.

Hay por último otras dos áreas en continuo desarrollo, desde su aparición en los años 80, sobre las que se apoya hoy día la Geodesia espacial, se trata de la radiointerferometría de muy larga base ("Very Long Base Interferometry") y de la metodología del posicionamiento moderno, de la cual es el GPS ("Global Positioning System") su máximo exponente. El principio de la primera es el siguiente: Dos radiotelescopios alejados varios miles de kilómetros observan simultáneamente una radiofuente de suficiente intensidad y casi puntual, una vez analizada la radiación recibida y comparando las fases se puede determinar la dirección de la fuente con relación a la base formada por los radiotelescopios; o proceder a la inversa, es decir conociendo la posición relativa de las fuentes determinar la dirección y longitud de la base. La interferometría de este tipo se basa en los grandes radiotelescopios actualmente instalados y precisa medios de cálculo muy potentes; una de sus aplicaciones más sobresalientes es la cuantificación rigurosa de los desplazamientos diferenciales de las placas litosféricas.



Radiotelescopio IRAM-IGN de Sierra Nevada y esquema del movimiento de una placa tectónica alrededor de su polo de rotación. El IRAM (Instituto de Radioastronomía Milimétrica) es un Organismo con participación alemana, española y francesa; el IGN (Instituto Geográfico Nacional) representa al Gobierno español.

SOLUCIONES INTEGRALES

TOPOGRAFÍA



CARTOGRAFIA
DIGITAL



ORTOFOTO



TELEDETECCION



toposat, s.a.

LAS VELOCIDADES ANUALES DE LAS PLACAS TECTONICAS

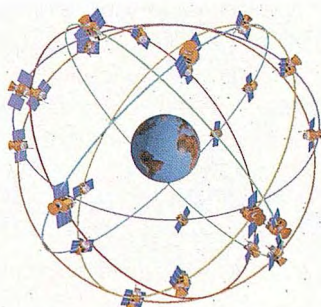
1	PACIFICO	10cm/a	hacia el Noroeste
2	EUROASIATICA	10cm/a	hacia el Este
3	AFRICA	2cm/a	hacia el Norte
4	ANTARTICA	Gira sobre si misma	
5	INDIA-AUSTRALIA	2cm/a	hacia el Norte
6	AMERICA DEL NORTE	1cm/a	hacia el Oeste
7	AMERICA DEL SUR	1cm/a	hacia el Norte
8	NAZCA	7cm/a	hacia el Este
9	FILIPINAS	7cm/a	hacia el Oeste
10	ARABIA	3cm/a	hacia el Noreste
11	COCO	5cm/a	hacia el Noreste
12	CARIBE	1cm/a	hacia el Noreste

Datos proporcionados por el CNES ("Centre National d'Etudes Spatiales").

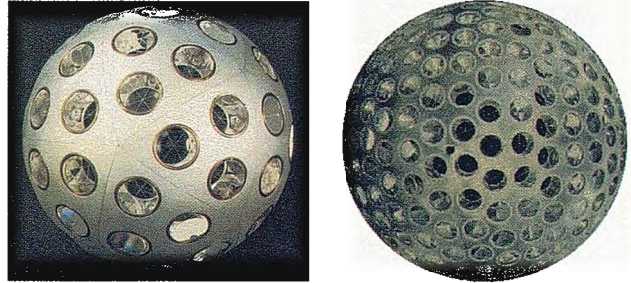
Una vez superada la geodesia espacial geométrica por la dinámica, son los métodos de esta los esencialmente utilizados en la práctica cotidiana, entre ellos puede establecerse una cierta distinción función de los parámetros que se pretenden determinar. Además de los grandes programas globales asociados a la obtención de un sistema geodésico (a veces se habla de geodesia global) se utilizan también los métodos dinámicos para calcular la posición de estaciones terrestres supuesto conocido el campo de gravedad de la Tierra y frecuentemente, como ocurre en los sistemas de navegación por satélite, los parámetros orbitales, los cuales son transmitidos al usuario desde el mismo satélite. Es sabido que el sistema de posicionamiento de mayor difusión es el GPS diseñado en el Departamento de Defensa de los EE.UU., también es de sobra conocida su especial incidencia en la mayoría de las actividades cotidianas. Una de sus aplicaciones más fundamentales está relacionada con el problema de la rotación terrestre: supuestas conocidas las posiciones de una serie de puntos se trata de analizar su desplazamiento global; otros de sus objetivos son determinar la polodia y las irregularidades de la propia velocidad de la Tierra.



Satélite GPS y esquema de la constelación en que se integra.



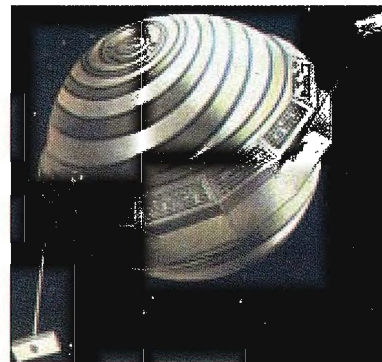
Los principios de la geodesia espacial, que se acaban de comentar no están referidos a un determinado instrumento, únicamente puede considerarse excepcional la altimetría en que necesariamente se utiliza la superficie oceánica bien como referencia o como objeto de estudio. La telemetría laser ha mejorado considerablemente sus resultados en los últimos años, las incertidumbres métricas iniciales se han transformado ahora en centimétricas.



Los satélites Starlette (I) y el Lageos (D). El primero tenía un diámetro de 24 cm y 60 reflectores laser, el segundo era mucho mayor: 60 cm de diámetro y 426 prismas.

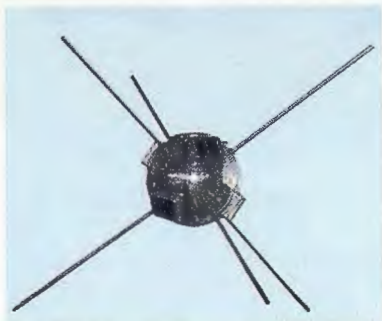
Los satélites Starlette, lanzado por Francia en 1975, y Lageos ("Laser Geodynamics Satellite"), puesto en órbita por los EE.UU. en 1976, son dos blancos ideales por tratarse de esferas muy densas, cubiertas por pequeños prismas de vidrio retroreflectante, de modo que cualesquiera que sean sus movimientos presentan siempre la misma superficie reflectante hacia el telémetro.

El banco de datos proporcionado por la Geodesia espacial y los resultados obtenidos a lo largo de su breve existencia es de un volumen considerable como puede imaginarse, ello hace que únicamente se refieran muy brevemente los relativos al posicionamiento y con un poco de más detalle los referidos al geoide y a los sistemas geodésicos. En el primer caso las precisiones alcanzadas son centimétricas, como mínimo, cuando se estudia la posición relativa entre varias estaciones o cuando se observa sistemáticamente una misma base con la ayuda de la telemetría laser o usando la radiointerferometría. En el interior de los continentes se mejoraron considerablemente las precisiones de las redes geodésicas y se configuraron además algunas otras, gracias al sistema TRANSIT, en aquellas regiones que no las poseían (Africa y América del Sur). El sistema TRANSIT, llamado también NAVSAT ("Navy Navigation Satellite System"), fue un sistema diseñado por "Johns Hopkins University" para localizar submarinos con misiles balísticos.



El satélite TRANSIT 1B, el primero de la serie; luego sustituida por la constelación GPS.

Antes del año 1957 se suponía que el geoide coincidía sensiblemente con un elipsoide de revolución, lo que equivalía en términos dinámicos a suponer que la gravedad real coincidía con la normal. A dicho elipsoide se le asignaba un semieje ecuatorial demasiado grande (alrededor de 250 m) y un aplastamiento también erróneo (sobrealorado en un 0.4% aproximadamente). Poco tiempo después del lanzamiento del Sputnik y del primer Vanguard americano, se estableció un claro paralelismo entre las irregularidades de las trayectorias de los satélites y las de la gravedad, que indicaban un cierto aumento de la rigidez terrestre con relación al grado de plasticidad asociado a los modelos elipsoidales previstos.

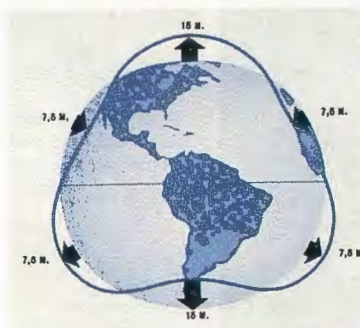


El satélite artificial VANGUARD I, la respuesta americana al Sputnik, fue lanzado al espacio el 17 de marzo de 1958.

Así Ann E. Bailie y John O'Keele, astrónomo y geodesta de la NASA, propusieron un modelo irregular para la Tierra llegando a calcular sus discrepancias con el esferoidal convencional. Aunque este primer geoide, fruto de la geodesia espacial, resultara demasiado simétrico y simplificado, es indudable que sirvió para comprobar que el radio medio correspondiente al Polo Sur era unos 40 metros más corto que el homólogo del hemisferio Norte, una diferencia que permitió anunciar la forma piriforme de la Tierra, la cual sería plenamente confirmada por los satélites posteriores.



John O'Keele y el primer modelo piriforme calculado por él y elaborado por Ann E. Bailie.



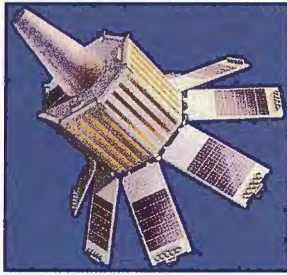
La determinación rigurosa del geoide no es un problema de fácil solución, habida cuenta de los más de 1000 parámetros necesarios para describirlo detalladamente, aunque en términos globales su ondulación máxima con relación al elipsoide es de 100 metros, a nivel local presenta numerosas elevaciones y depresiones con relación al mismo; cualquiera de los modelos presentados hasta aquí es suficientemente ilustrativo, aunque el GRIM 5 y el EGM 96 sean dos buenos ejemplos. La precisión alcanzada para las alturas del geoide varía entre algunos decímetros en los océanos y algunos metros sobre los continentes, por encima de los cuales no hay una técnica que permita hallar la ondulación con gran precisión.

En el primer modelo publicado en 1962 se truncó la serie de armónicos esféricos en el grado cuarto, usando solamente los datos proporcionados por los satélites; a pesar de ello aparecía un importante armónico zonal P_3 que elevaba el geoide sobre el Polo Norte, 15 metros con relación al elipsoide de referencia, bajándolo otro tanto en el Polo Sur. El armónico sectorial P_2 provocaba crestas del geoide en las longitudes 165° EG y 15° WG, y depresiones hacia 75° EG y 105° WG. Los trabajos posteriores fueron mejorando esos resultados y los modelos geoidales consiguientes al calcular los armónicos de grado superior (1970: grado 10, 1980: grado 20). En el año 1990 el equipo de geodesia espacial de la NASA, "Goddard Space Flight Center (Greenbelt, Maryland)" publicó otro modelo, el GEM-T2, en el cual se dieron los coeficientes de todos los armónicos hasta el grado 36 y 616 para otros de grado superior, hasta $n=50$ y $p=43$, es decir 1908 coeficientes. La denominación del centro espacial de la NASA debe su nombre al investigador Robert Hutchins Goddard (1882-1945), un pionero de la carrera espacial norteamericana.

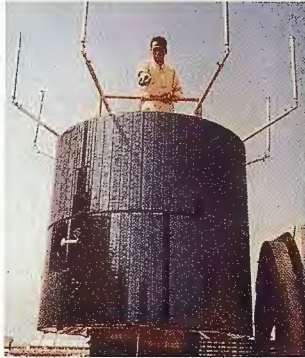


R. H. Goddard

En ese modelo se utilizaron 2386000 observaciones sobre 1130 arcos orbitales de 31 satélites con inclinaciones comprendidas entre $i = 15^\circ$ (Ste. PEOPLE) hasta $i=144^\circ.3$ (Ste. OVI 2), y particularmente los dos satélites estrictamente polares ($i=90^\circ$) SBN 2 y NOVA 1, además del geoestacionario ATS 1. En 20 de ellos se incluyeron observaciones ópticas, en 4 las observaciones Doppler y en 11 las de telemetría laser. Asimismo se emplearon por primera vez los resultados de la telemetría laser entre satélites (ATS 1 y GEOS 3), con la ventaja de haber eliminado de ese modo las correcciones por refracción en la ionosfera y en la troposfera, nunca bien conocidas. El error medio cuadrático de ese geoide se estimó en 1.3 metros.



Los satélites PEOLE y ATS 1.

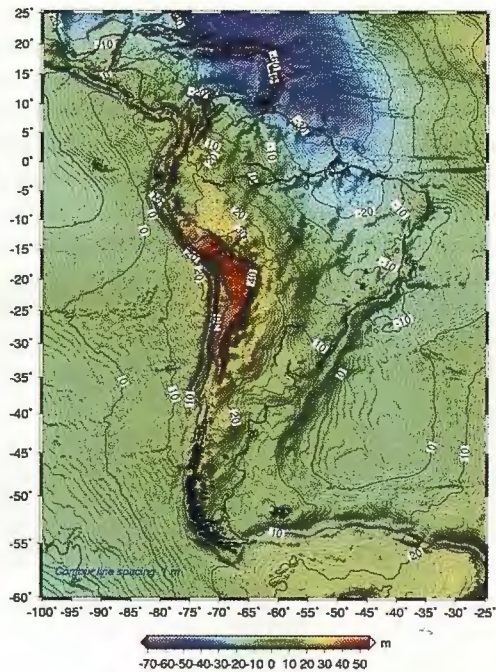


El grupo GRIM, por su parte, continuó perfeccionando sus modelos del geode, la última versión GRIM 5 se denominó así para indicar que se había llegado a él tras un quinto reprocesamiento de datos. Para su formación se analizaron las perturbaciones orbitales de 21 satélites; representándose en el correspondiente desarrollo en serie los coeficientes de los armónicos esféricos del neopotencial hasta el grado 99 y el orden 95. Se han desarrollado otros modelos que además de en las observaciones de satélites se han basado también en las observaciones gravimétricas terrestres, el GRIM 4 - C2 y el OSU 89 B ó el OSU 91 A, calculados por Richard H. Rapp y otros, en la Universidad Estatal de Ohio (Columbus) pueden servir de ejemplo. En el OSU 91 A, por ejemplo, se tuvieron en cuenta más de 45 valores de la anomalía de la gravedad, irregularmente repartidos, y los resultantes de interpolar sobre 259200 cuadrados de $0^{\circ}.5 \times 0^{\circ}.5$, siendo usado con frecuencia el sistema de posicionamiento GPS para calcular la altitud sobre el mismo.



H. Rapp, profesor emérito de la Universidad Estatal de OHIO, entre dos imágenes perspectivas del geode.

Los procedimientos más modernos para calcular geoides detallados emplean técnicas basadas en las transformaciones rápidas de Fourier (FFT), así se han construido en el "National Geodetic Survey" los modelos GEOID 90, 93, 96, 99, 03 y los EGM 96 y 99, que incluyen cada uno más de millón y medio de medidas gravimétricas (marítimas y terrestres) amén de las propias de la geodesia espacial. La diferencia entre los geoides obtenidos por los diferentes métodos y equipos es del orden de 0.5 metros, estimándose que su precisión absoluta se encuentra comprendida entre 1 y 2 metros.



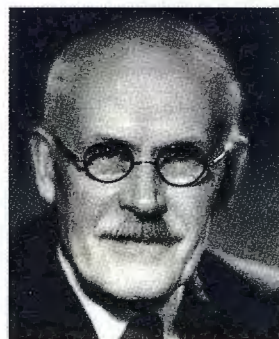
El geode andino calculado por la Universidad libre de Berlín, a través del EGM 96.

Otros de los resultados proporcionados por la Geodesia espacial fue la continua elaboración de diversos sistemas geodésicos mundiales de referencia, los conocidos WGS (World Geodetic System) y GRS (Geodetic Reference System). La definición de tales sistemas es una cuestión muy compleja que necesita el procesamiento de los datos suministrados por varios millones de observaciones para poder calcular el valor de cerca de 1500 parámetros, dentro de tales observaciones se contemplan además de las de laser, las radioeléctricas, altimétricas e interferométricas (VLBI), las clásicas terrestres y especialmente las gravimétricas sustitutas de las altimétricas en las zonas continentales.

Recuérdese que antes de la era espacial el sistema geodésico estaba constituido por el elipsoide de Hayford de 1909, internacional desde la asamblea celebrada en Madrid (1924), completado seis años después por la fórmula internacional de la gravedad, cuyos parámetros principales fueron sus valores en el ecuador y en los polos,

$$\gamma_E = 9.780490 \text{ ms}^{-2} \text{ y } \gamma_P = 9.832213 \text{ ms}^{-2}$$

Quedaba así definido el sistema geodésico por el conocimiento de cuatro parámetros: dos geométricos (a , a) y dos dinámicos (los valores de la gravedad del año 1930), los cuales permitían describir el elipsoide de revolución equipotencial junto al campo de la gravedad normal engendrado por el mismo.



El astrónomo y geofísico inglés Sir Harold Jeffreys, el primero en defender la existencia del núcleo líquido de la Tierra.

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.santiagoecintra.es

MENSİ
A TRIMBLE COMPANY

Trimble
WWW.TRIMBLE.ES

Aunque los trabajos de Harold Jeffreys (1891-1989), Krasovsky y A. A. Izótov mostraron pronto que los parámetros geométricos no eran los más adecuados, el sistema anterior fue considerado como la mejor aproximación de la figura de la Tierra durante muchos años. En efecto, el sistema permaneció vigente hasta que la metodología de la geodesia espacial, combinada con las nuevas medidas terrestres de grandes arcos (mucho más exactas que las primitivas) y con otras determinaciones gravimétricas, permitió superarlo al establecer sucesivos modelos, siempre auspiciados por la UGGI o por la Unión Astronómica Internacional (IAU). Todos los sistemas están caracterizados por las cuatro constantes fundamentales y por otras denominadas derivadas. Las constantes fundamentales son el semieje mayor del elipsoide de revolución (a), la constante geocéntrica de la gravitación (GM), el factor de elipticidad geopotencial (J_2) y la velocidad angular de la rotación terrestre (ω).

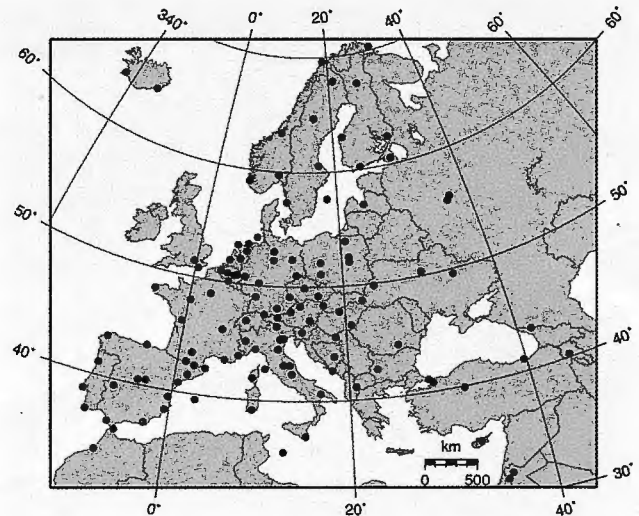
Entre las derivadas figuran la excentricidad, el aplastamiento, el semieje menor y la longitud del cuarto de meridiano, como geométricas, y entre las dinámicas, el potencial, la gravedad ecuatorial y la polar; generalmente se supone condensada la atmósfera sobre la superficie del elipsoide. De entre todos los sistemas geodésicos posibles se han elegido como más significativos el WGS 84, el ITRS y el ETRS 89. En el WGS 84, al que se refieren las observaciones GPS, se contempla un sistema de coordenadas trirrectangular con origen en el centro de masas de la Tierra (geocentro), su eje de las zetas es paralelo a la dirección del polo medio internacional (1903) definido por el BIH, el eje de las abscisas es la intersección del ecuador medio con el meridiano origen de Greenwich y el de las ordenadas es también ecuatorial, formando con los anteriores el clásico triedro trirrectangular "dextrorsum". El elipsoide elegido en tal sistema fue el denominado GRS 80, según la decisión tomada en Canberra (1979) con ocasión de la reunión celebrada por la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica. Los dos semiejes de ese elipsoide son los siguientes: $a = 6378137 \text{ m} \pm 2\text{m}$ y $b = 6356752.3 \text{ m} \pm 2\text{m}$, lo que equivale a decir que su aplastamiento vale $\alpha = 1/298.257223563$.



Logotipo del WGS 84

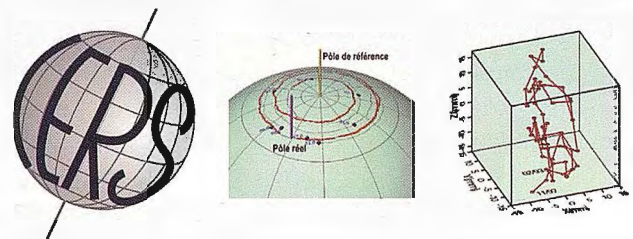
La disolución de RETRIG coincidió con la constitución de EUREF, cuyo objetivo básico fue incorporar a la red europea los datos procedentes de observaciones VLBI (Very Long Base Interferometry), SLR (Satellite Laser Ranging), LLR (Lunar Laser Ranging) y GPS. En el año 1987 EUREF y CERCO (Comité Europeo de los Responsables de la Cartografía Oficial) decidieron crear un nuevo sistema de refe-

rencia geodésico basado en técnicas espaciales, que se apoyaría al mismo tiempo en el ITRS ("Internacional Terrestrial Reference System"). La red EUREF iniciada formalmente en el año 1989, gracias a una campaña internacional de observaciones GPS, ha mejorado sustancialmente su configuración al haberse extendido hacia los países del Este de Europa. El conjunto de estas actividades lo analiza un grupo de trabajo, la subcomisión EUREF TWG, con el fin de unificar los resultados bajo la forma de una referencia única y completa para toda Europa.



La Red GPS de estaciones, los llamados puntos EUREF.

El ITRS lo gestiona realmente el IERS ("Internacional Earth Rotation Service") y consta de casi 300 puntos cuyas coordenadas han sido determinadas mediante VLBI, LLR, SLR, GPS y DORIS ("Doppler Orbitography Radiopositioning Integrated by Satellite"). Este último sistema geodésico es incuestionablemente el más exacto al que puede recurrirse, hasta el punto de que las coordenadas que proporciona son función del tiempo. Desde su creación, el IERS viene proporcionando cada año un marco de referencia, combinando los datos enviados por los diversos centros que colaboran en este proyecto, identificado por el acrónimo ITRF seguido de las dos últimas cifras del año en cuestión. El elipsoide asociado al sistema es el mismo del WGS 84. La velocidad de rotación de la Tierra en torno a su eje se estimó en $7292115 \times 10^{-11} \text{ rad.s}^{-1}$.



Logotipo del sistema geodésico ITRS y dos de los resultados proporcionados por el sistema Doris: una representación de la polodia y la variación del centro de gravedad de la Tierra (el lado del cuadrado es de 1cm).

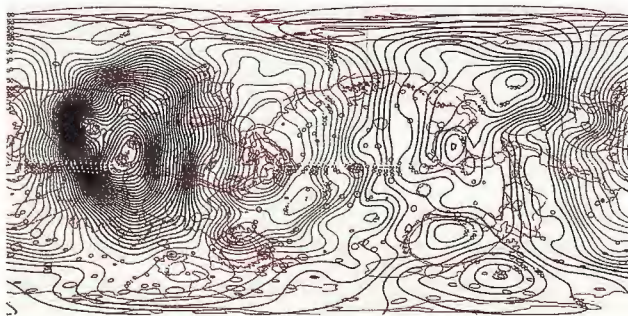
El sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) se define a partir del anterior, de hecho los dos sistemas coinciden en la época 1989, aunque este último esté ligado a la parte estable de la placa euroasiática, de manera que para una época dada habría que aplicar su velocidad global a las coordenadas que localicen un punto genérico

Por el contrario las dorsales oceánicas dan lugar a una anomalía positiva de algunos metros de amplitud, sobre una extensión próxima a los 100 km, por encima de las zonas de fractura (fallas transformantes perpendiculares a la dorsal). En las proximidades de las márgenes continentales (transición entre la corteza continental y oceánica) hay un escalón abrupto de unos 5 metros extendido a lo largo de 100 o 200 km. La correspondencia entre los volcanes submarinos y las ondulaciones del geoide es otro ejemplo: en la proyección superficial de la mayoría de los volcanes o cadenas volcánicas submarinas aparece una anomalía u ondulación positiva de 5 a 10 metros de amplitud con una extensión superficial comprendida entre 100 y 500 km.



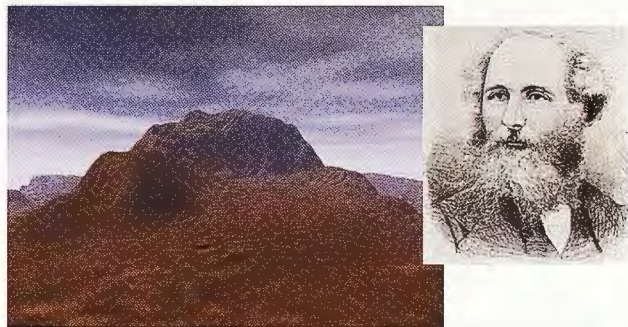
La sismicidad global y las placas tectónicas representadas sobre un Modelo Digital de la Tierra. En color rojo figuran los epicentros de los terremotos ocurridos entre 1880 y 1990, con una magnitud mayor que cinco. Los bordes de las placas aparecen de color amarillo. Finalmente, las líneas de costa y las fronteras administrativas van en blanco.

Esa clara correlación es en definitiva la más clara evidencia del fenómeno isostático, de modo que del estudio del geoide puede deducirse el estado de compensación isostática del manto superior de la Tierra y comprender, eventualmente, el mecanismo de compensación, así como los modelos reológicos de la litosfera y la geografía sísmica. El objeto de ese tipo de aplicaciones es tratar de comprender el por qué de tales accidentes, las razones hay que buscarlas, como ya apuntaba D' Alembert, en el interior de la Tierra: subducción de placas tectónicas, células de convección en el manto, a nivel global, o existencia de una elevación aislada sobre un mar profundo, en términos más locales. Al identificar en primera aproximación la superficie del geoide con la media oceánica (la diferencia es del orden decimétrico) se comprende que con los métodos de la Geodesia espacial, y en particular con sus satélites altimétricos, puedan analizarse también fenómenos superficiales relacionados con las corrientes, vientos, temperatura o salinidad, proporcionando a los oceanógrafos una serie de datos fundamentales para sus estudios.



Geoide marciano calculado a partir de las perturbaciones orbitales del Mariner 9 y de los Viking (I y II). Elipsoide ($a = 3394$ km, $\alpha = 1/191,1$), equidistancia entre curvas 50 metros. La gran anomalía positiva está marcadamente correlada con la región de los grandes volcanes.

Mención aparte merecen las aportaciones de la Geodesia al estudio del sistema solar, incluyendo el análisis de las superficies equipotenciales de los campos de gravedad creados por satélites y planetas del mismo, hasta el punto de poder hablar ya con propiedad de geodesia planetaria. Entre los posibles ejemplos, caben citar: las definiciones de latitud planetocéntrica y planetográfica como generalización de la latitud geocéntrica y geodésica, la determinación del selenoide como superficie equipotencial origen de la Luna o la representación del geoide de Marte sobre un cierto elipsoide de referencia.



Las montañas de Maxwell, en el planeta Venus, representadas gracias al sistema radar instalado en la sonda Magallanes. El topónimo es en honor del gran físico inglés James Clerk Maxwell (1831-1879).

Reseñaremos, como colofón, que el problema de calcular las altitudes de algunas superficies físicas planetarias o de satélites (de los planetas menores o mayores) se ha resuelto en ocasiones empleando el radar, al igual que en el geoide marino de la Tierra; ese fue el caso de las montañas de Maxwell en Venus, con una altitud mayor de 12 km.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAGROW, L.: History of Cartography. Precedent Publishing, Chicago, 1985.
 BESSERO, G.: Cours de Géodésie (2 vol.). Service Hydrographique et Oceanographique de la Marine, Brest, 1985.
 BOCHNER, S.: El papel de la matemática en el desarrollo de la ciencia. Alianza Universidad, Madrid, 1991.
 BOLSHAYOV, V. y P. GAIDATEV: Teoría de la elaboración matemática de las mediciones geodésicas. Editorial Mir, Moscú, 1989.
 BROWN, L. A.: The story of Maps. Dover Publications, New York, 1979.
 CLARKE, A. R.: Tratado de Geodesia. Casa Editorial Baillou-Bailliere, Madrid, 1910.
 DELAMBRE, J. B.: Grandeur et Figure de la Terre. Gauthier-Villars, París, 1912.
 DRAGONI, G.: Eratostene e l'apogeo delle scienza greca. Bologna, 1979.
 DUPUY, M. y H. M. DUFOR: La géodésie. PUF, París, 1969.
 FRANCOUER, L. B.: Géodésie ou traité de la figure de la Terre et de ses parties. Gauthier-Villars, París, 1985.
 GARLAND, G. D.: The Earth's Shape and Gravity. Pergamon, London, 1965.
 KLEIN, H. A.: The Science of Measurement. A Historical Survey. Dover Public., New York, 1988.
 KRETSCHMER, K.: Historia de la Geografía. Editorial Labor, Barcelona, 1942.
 LACOMBE, H. y P. COSTABEL: La figure de la Terre du XVIII siècle à l'ère spatiale. Gauthier-Villars, París, 1988.
 LASALLE, T.: Cartographie, 4000 ans d'aventures et de passion. IGN-Nathan, París, 1990.
 LAUSSEDT, A.: Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques Gauthier-Villars, París, 1898.
 LEVALLOIS, J. J.: Géodésie Général (4 vol., el cuarto en colaboración con J. Kovaleski). Eyrolles Editeur, París, 1969-1974.
 LOWENTHAL, M. A.: Who's who in the History of Cartography. Map Collector Publ. Ltd., 1995.
 MARTIN LOPEZ, J.: Historia de la Cartografía y de la Topografía. CNIG, Madrid, 2002.
 MIFSUT MACON, A.: Geodesia y Cartografía. Talleres del depósito de la Guerra, Madrid, 1905.
 NEUGEBAUER, O.: The Exact Sciences in Antiquity. Brown University Press, 2ª ed., 1957.
 PERRIER, G.: Petite Histoire de la Géodésie, comment l'homme a mesuré et pesé la Terre. Presses Universitaires de France, París, 1939.
 RADIX, J. C.: Repertoire géodésique, en vue de la navigation. E. cepadues, Toulouse, 1991.
 RHIND, D. N. y D. R. F. TAYLOR: cartography, past, present and future. International Cartographic Association, 1989.
 RUIZ MORALES, M.: Nociones de Topografía y Fotogrametría Aérea. Universidad de Granada, 2003.
 • Los Ingenieros Geógrafos. CNIG, Madrid, 2003.
 • Complementos Geodésicos y Cartográficos. Universidad de Granada, 2005.
 RUIZ MORALES M. y M. RUIZ BUSTOS: Forma y Dimensiones de la Tierra, síntesis y evolución histórica. Ediciones del Serbal, Barcelona, 2000.
 RUIZ MORALES M, IBARGÜEN SOLER J, y M. RUIZ BUSTOS: Investigaciones sobre Temas de Geodesia Superior y Método de los Mínimos Cuadrados. Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 2002.
 SEEBERG, G.: Satellite Geodesy, fundations, methods and applications. Walter de Gruyter, Berlin, 1993.
 SMITH, J. R.: Introduction to Geodesy, The History and Concepts of Modern Geodesy. John Wiley & Sons Inc., New York, 1997.
 TORGE, W.: Geodesy. Walter de Gruyter. Edición por español por Ed. Diana, Mexico, 1980.
 VANICEK, P. y E. J. KRAKOWSKY: Geodesy, the concepts. Elsevier Science Public., Amsterdam, 1986.
 WILFORD, J. N.: The Map maker. Random House, New York, 1982.

Análisis comparativo del comportamiento de las características físico-químicas de la Bahía de Cienfuegos, Cuba.

Mabel Seisdedo, Marlén Pérez, Alain Muñoz - Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC)

RESUMEN

La evaluación de la calidad de las aguas permite controlar el estado de este recurso y su afectación por actividades antrópicas para soportar acciones y estrategias de protección y manejo del mismo. Por ello, la Bahía de Cienfuegos tiene desde 1990 un Programa de Monitoreo Hidrológico (PMH) que permite evaluar su calidad ambiental. En este trabajo se presentan los valores promedios de los parámetros físico-químicos: salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto, N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, P-PO₄ y DBO₅, los cuales fueron obtenidos durante un muestreo realizado en marzo del 2004. Se realiza un análisis del comportamiento de estos parámetros, estableciendo comparaciones con datos históricos de este cuerpo de agua, así como con otros sistemas similares y se evalúan de acuerdo con la NC.25:1999. Los resultados mostraron un mejoramiento en la calidad de las aguas de esta bahía relacionado con el N-NH₄ y con el oxígeno disuelto con respecto a años anteriores. En cuanto a las concentraciones de nutrientes, las aguas de esta bahía no pueden ser catalogadas como eutróficas. No obstante las mayores concentraciones de los nutrientes se obtuvieron en las estaciones ubicadas en la desembocadura de los ríos Caunao, Salado y Damují; en el área costera adyacente a la zona industrial y a la ciudad de Cienfuegos. Las concentraciones de nutrientes obtenidas en este estudio son comparables a las obtenidas para bahías consideradas históricamente como limpias (Bahía de Matanzas), e inferiores a la Bahía de La Habana que presenta alto grado de eutrofización. Palabras clave: calidad de las aguas, bahía, programa de monitoreo, eutrofización.

INTRODUCCION

La Bahía de Cienfuegos constituye uno de los más importantes ecosistemas de Cuba, toda vez que es elemento determinante en el desarrollo industrial (Areces, 1986). En la misma se desarrollan algunos usos, entre ellos: la pesca, el turismo, el industrial, deportes náuticos y el urbano.

Existen sistemas acuáticos que se encuentran amenazados debido a que la actividad antropogénica los convierte en receptores de toda clase de desechos, pero además éstos pueden reflejar problemáticas en otras partes del mundo (Niiler, 2000). Es por ello que adquiere relevancia mantener una vigilancia continua y de control sobre la calidad de agua, lo cual se traduce en el monitoreo periódico de estos sistemas. La evaluación de los resultados que emiten estos monitoreos permite controlar el estado del sistema y su afectación por actividades antrópicas con el fin de soportar acciones y estrategias de protección y manejo del recurso, ejemplo de ello, lo constituyen los programas existentes en la bahía de la Habana y en la bahía de Matanzas.

Desde 1990, este sistema cuenta con un Programa de Monitoreo Hidrológico para control de su calidad, con el

fin de garantizar a los tomadores de decisiones información fidedigna de lo que ocurre en la misma, lo cual es imprescindible para cualquier acción de manejo. Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo exponer el análisis del comportamiento de las características físico-químicas de la Bahía de Cienfuegos, Cuba

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio:

La Bahía de Cienfuegos se encuentra ubicada entre los 20(1' y 22(11'' N y 80(23' 30'' y 80(33' 42'' W en la región centro y sur de Cuba (Figura 1). La misma constituye una típica bahía de bolsa por la presencia de un estrecho canal de aproximadamente 3 Km que la conecta con el Mar Caribe.

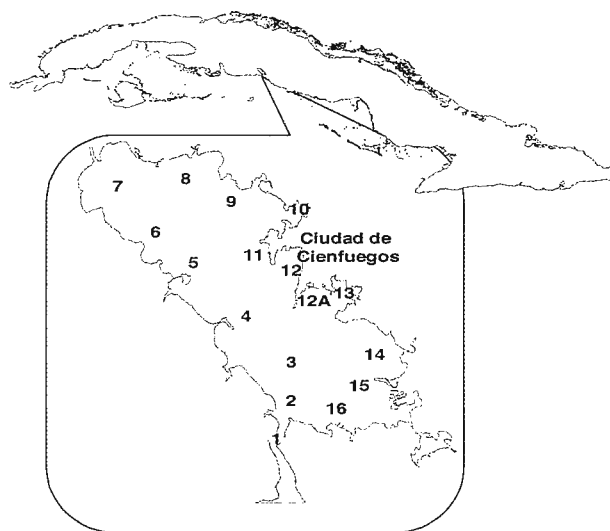


Figura 1. Distribución de las estaciones de muestreo del Programa de Monitoreo Hidrológico de la Bahía de Cienfuegos.

Este sistema cuenta con un área de 90 km² y una profundidad media de 9 m, lo que determina un volumen medio de aproximadamente 810 millones de m³. En él desembocan 4 ríos, los cuales son: el Damují, el Caunao, el Salado y el Arimao. Su topografía incluye un bajo natural entre Cayo Carenas y Punta la Cueva, el cual divide a ésta en dos lóbulos con características hidrográficas bien definidas. El lóbulo norte abarca el área de mayor actividad industrial y urbana, mientras el lóbulo se halla más próximo canal de entrada.

Muestreo y análisis

El muestreo de sus aguas se realizó en marzo del 2004, correspondiendo al período climático poco lluvioso del



Geodesia

Navegación

Fotogrametría

Teledetección

Cartografía

Sistemas de Información
Geográfica (SIG)

Tema central:
Sensores de alta
resolución y sus
aplicaciones

Lugar de celebración:

Fira de Barcelona
Palacio de Congressos
Av. Reina María Cristina, s/n
www.firabcn.es

Participa enviando tu resumen a través de nuestra web:

www.setmana-geomatica.org

(Fecha límite 8 de octubre de 2006)

**Existe un nuevo mundo
de posibilidades**



Fira Barcelona

**Recinto Montjuïc
20-22 Febrero 2007**

GlobalGeo es el Salón Internacional de la Geomática y la Geotelemática. Participe junto a profesionales de todo el mundo y benefíciese de una oferta global. Un encuentro crucial para todas las empresas del sector. Un acontecimiento imprescindible.

GLOBALGEO
SALÓN INTERNACIONAL DE LA GEOMÁTICA
Y LA GEOTELEMÁTICA

Semana
7 GEO
MÀTICA
BARCELONA

www.globalgeobcn.com

año. El conjunto de estaciones hidrológicas fueron 17, todas representativas de las actuales actividades inmersas en este sistema (Figura 1).

La colección de las muestras de agua se realizó durante el vaciante de marea a dos niveles de profundidad (superficie y fondo) según las especificaciones de APHA (1998), y se utilizó para ello botellas Nansen. En los casos requeridos las muestras fueron preservadas en frío antes de su análisis.

Las determinaciones de los indicadores de la calidad del agua evaluados se realizaron mediante diversos métodos. El oxígeno disuelto se analizó mediante el Método Winkler, modificado por Carriet y Carpenter (1966). Los nitritos y el amonio se determinaron de acuerdo con la metodología de la UNESCO (1983). El análisis de los fosfatos se realizó a partir de una modificación expuesta por Koroleff, del método de Murphy y Riley, expuesto por la UNEP (1991). La salinidad y la temperatura se determinaron in situ empleando una sonda digital modelo YSI-30, para el análisis del pH se utilizó un pH-metro digital marca HANNA, mientras que para la determinación de la DBO5, se empleó el método de incubación a 20° C durante 5 días.

La evaluación de la calidad del agua se realizó teniendo en cuenta los criterios establecidos por indicador en la NC.25:1999. "Evaluación de Objetos Hídricos de uso Pesquero. Especificaciones". Se utilizó el programa Mapinfo v6.5 para representar la distribución espacial de los niveles de nutrientes en la bahía de Cienfuegos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Salinidad y temperatura

Los valores de salinidad obtenidos son típicos de aguas marinas con un rango de 33.1 a 33.7 o/oo, reflejando poca variación espacial. No se pudo constatar diferencia significativa entre niveles de profundidad para este parámetro. La temperatura tuvo un comportamiento similar a la salinidad reportándose los mayores valores en las estaciones 1 (Canal de entrada), 2 (La Milpa), 10 (Arroyo Inglés) y 12A (Laguna del Cura).

Oxígeno disuelto

Las concentraciones obtenidas de oxígeno disuelto fueron muy homogéneas en todo el acuario, con intervalos de 5.91 a 6.64 mg.L-1 en superficie y de 5.85 a 6.31 mg.L-1 en fondo. Los valores mínimos en superficie y fondo se registraron en las estaciones 12 y 14 respectivamente, la primera se corresponde con la zona aledaña a la ciudad de Cienfuegos y la segunda, a la desembocadura del Río Caunao.

Este indicador cumple el criterio normado para aguas marina de buena calidad (> 5 mg.L-1) según la NC. 25:1999 en todas las estaciones muestreadas y no presentó diferencias significativas entre los niveles de fondo y superficie. El comportamiento del oxígeno disuelto en este estudio está en concordancia con resultados obtenidos en el período de seca, desde la implementación del programa de monitoreo en 1990.

pH

Los valores de pH en la bahía no presentaron variaciones espaciales. En el nivel superficial, los registros oscilan entre 8.13 y 8.24 unidades, mientras en el nivel de fondo, entre 8.12 a 8.19 unidades. Los valores mínimos se registraron

en la estación 14 y en la 10, ubicada ésta última próxima al Arroyo Inglés.

Nutrientes

Las concentraciones promedio de ortofosfato disuelto tanto en fondo como en superficie resultaron inferiores a los normados por la NC 25:1999 para aguas marinas de buena calidad. Las mayores concentraciones se obtuvieron hacia el lado Este de la bahía, donde se presenta la mayor incidencia fluvial y antropogénica (figura 2).

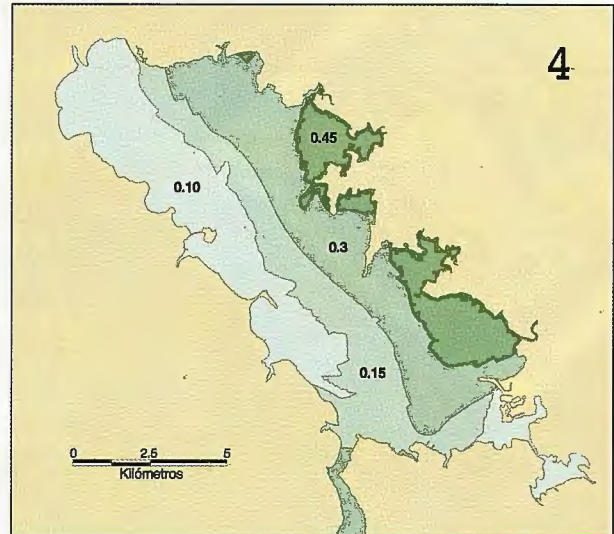


Figura 2. Distribución espacial de fósforo de ortofosfato ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) en las aguas superficiales

Por su parte, el valor promedio de fósforo total resultó ser mayor en superficie ($4.3 \mu\text{mol.L}^{-1}$) que en fondo ($1.3 \mu\text{mol.L}^{-1}$). Esta diferencia resultó estadísticamente significativa. En el 50 % de las estaciones muestreadas se obtuvieron concentraciones de este indicador en superficie que superan el criterio de aguas marinas limpias según Wheatland y col., (1971) que establece concentraciones entre $0.7 \mu\text{mol.L}^{-1}$ y $2.1 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Las mayores concentraciones de este indicador se obtuvieron en el lóbulo norte de la bahía (figura 3).

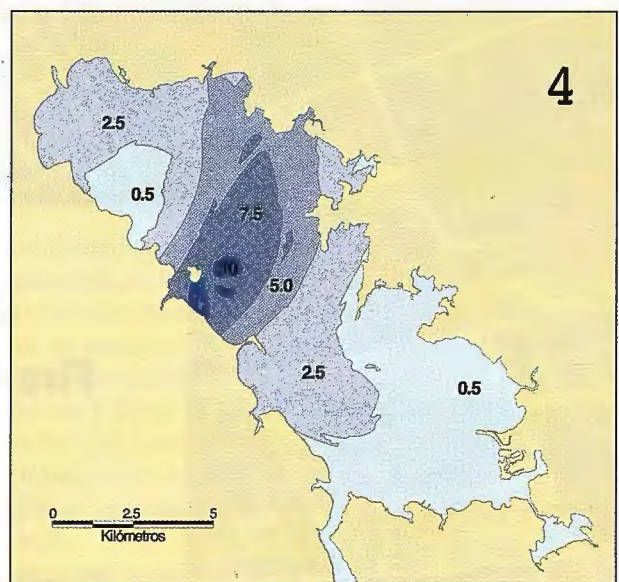


Figura 3. Distribución espacial de fósforo total ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) en las aguas superficiales.

Respecto a los compuestos nitrogenados, el nitrógeno amoniacal presentó valores promedio en fondo y en superficie inferiores a los establecidos según NC 25:1999, para aguas de uso pesquero de buena calidad; sin embargo se debe señalar la existencia de valores comprendidos dentro del intervalo de calidad dudosa en las estaciones 8, 9 y 10, las cuales reciben afectaciones provenientes del Río Salado, la zona industrial y del arroyo Inglés respectivamente (figura 4).

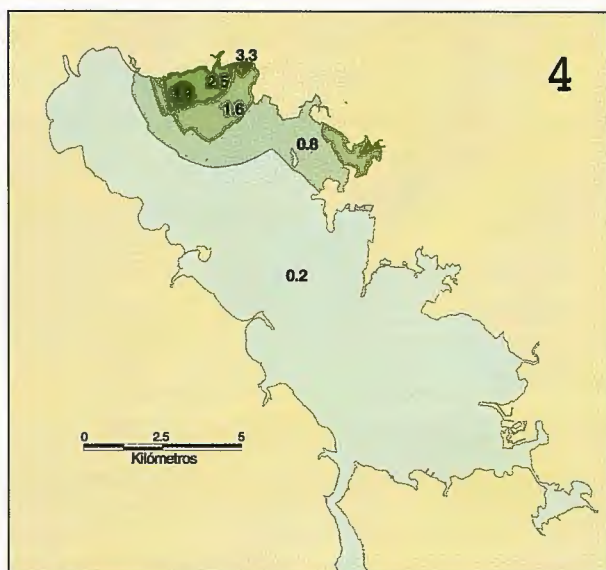


Figura 4. Distribución espacial de nitrógeno amoniacal ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) en aguas superficiales.

Es válido mencionar la mejoría en la calidad de las aguas de este acuario, relacionado con este indicador (nitrógeno amoniacal) respecto a los primeros años de la década del 90. Esta mejoría está asociada al cambio de funciones de la Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados, considerada como la principal responsable de tal impacto.

Entre los años 1990 y 1995 se encontraron valores promedios de nitrógeno amoniacal en la bahía superiores a $50 \mu\text{mol.L}^{-1}$, sin embargo después de 1995 estos valores descendieron notablemente hasta concentraciones indetectables y valores de $0.02 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Figura 5), inferiores estos últimos a lo normado por la NC:25:1999.

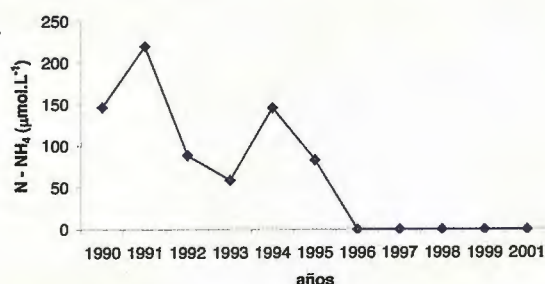


Figura 5. Variación por años de la concentración promedio de nitrógeno amoniacal ($\mu\text{mol.L}^{-1}$).

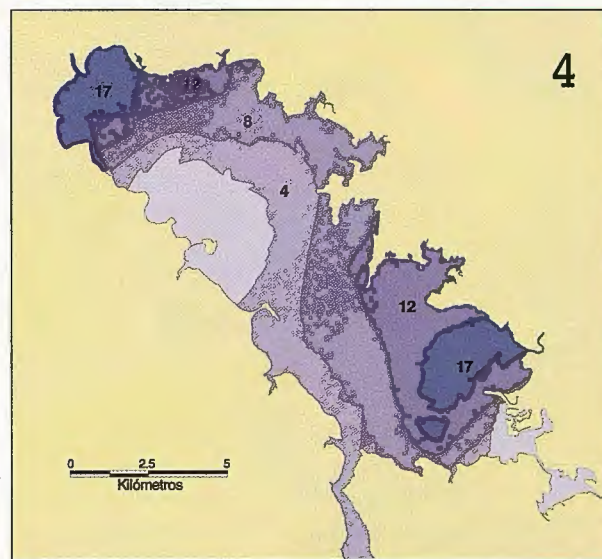
Por consiguiente, si bien en estudios previos se consideraba al nitrógeno amoniacal, como el indicador entre los nutrientes de mayor impacto en este acuario (Villasol, 1990; Areces, 1986); desde la segunda mitad de la década pasada, esto ha dejado de ser tan evidente.

Respecto al nitrógeno de nitrito, sólo se pudo cuantificar en el nivel superficial, obteniéndose como concentración

promedio $0.03 \mu\text{mol.L}^{-1}$. Las concentraciones presentes de este indicador en la bahía se hallan dentro de rango de buena calidad según el criterio de la NC 25:1999 para aguas marinas de uso pesquero y a su vez, son similares a las obtenidas en la Bahía de Matanzas, considerada históricamente como limpia (Tur y col., 2000) e inferiores a las reportadas para la Bahía de La Habana (Beltrán y col., 2002). Este indicador durante la pasada década, tuvo un comportamiento homogéneo en el lóbulo sur de la bahía, mientras que en el norte se obtuvieron valores más elevados, fundamentalmente en el sector urbano (estación 11) y la zona abarcada entre las estaciones 5 y 9 con valores, que oscilan desde $0.9 \mu\text{mol.L}^{-1}$ hasta los $1.4 \mu\text{mol.L}^{-1}$ en el período climático de seca.

El nitrógeno de nitrato, por su parte, presentó valores promedios muy similares para los niveles de superficie y fondo (0.47 y $0.52 \mu\text{mol.L}^{-1}$ respectivamente); así como también resultaron comparables con los obtenidos en otras áreas limpias como la Zona de varadero y Cárdenas (Regadera, R. y col., 2001). Las mayores concentraciones se obtuvieron fundamentalmente en áreas con incidencia fluvial (río Damují, río Salado y arroyo Inglés); así como en la zona aledaña a la ciudad de Cienfuegos.

Otro nutriente analizado fue el silicato soluble. Los valores obtenidos en superficie resultaron ser mayores que los del fondo siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Las mayores concentraciones se registraron en las estaciones con incidencia fluvial (figura 6).



superficiales.

CONCLUSIONES

- Los indicadores físico-químicos evaluados cumplieron de forma global con los criterios de buena calidad normados por indicador según la NC.25: 1999. En cuanto a las concentraciones de nutrientes, las aguas de la bahía de Cienfuegos no pueden ser catalogadas como eutróficas; no obstante las mayores concentraciones de los nutrientes se obtuvieron en las estaciones ubicadas en la desembocadura de los ríos Caunao, Salado y Damují, en el área costera aledaña a la zona industrial y a la ciudad de Cienfuegos.

- Se constató la notable mejoría en la calidad de las aguas de este acuario relacionado con el N-NH₄ respecto a los primeros años de la década del 90'. El mismo es

**VISITA NUESTRA
WEB**



**El Club de
los topógrafos**

**Hazte
Socio**

PODRAS DISPONER DE:

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

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

¡¡ MUY INTERESANTE !!

asociado al cambio de funciones de la Empresa de Fertilizantes Nitrogenados, considerada por algunos autores como el principal responsable de tal impacto.

Las concentraciones de los indicadores de calidad evaluados en la bahía de Cienfuegos son similares a las de la Bahía de Matanzas, considerada históricamente como limpia e inferiores a la Bahía de La Habana que presenta alto grado de eutrofización y deterioro en general.

Indicador	Unidad	Nivel	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
OD	mg.L ⁻¹	s	6.29	5.91	6.64	0.19
		f	6.16	5.85	6.31	0.20
Salinidad	‰	s	33.4	33.1	33.6	0.14
		f	33.5	33.3	33.7	0.13
Temp	° C	s	26.6	26.0	27.5	0.39
		f	26.5	26.1	26.9	0.27
pH	uds	s	8.19	8.13	8.24	0.03
		f	8.16	8.12	8.16	0.02
Si-SiO ₄	μmol.L ⁻¹	s	11.8	5.57	22.18	5.20
		f	7.25	1.33	9.96	3.16
N-NH ₄	μmol.L ⁻¹	s	0.65	0.21	3.57	1.11
		f	0.96	0.21	3.29	1.06
N-NO ₂	μmol.L ⁻¹	s	0.03	0.01	0.10	0.03
		f	<0.01	<0.01	<0.01	-
N-NO ₃	μmol.L ⁻¹	s	0.53	0.09	0.86	0.29
		f	0.47	0.08	0.79	0.26
P _i	μmol.L ⁻¹	s	4.02	0.76	11.93	3.61
		f	1.21	0.41	1.83	0.44
P-PO ₄	μmol.L ⁻¹	s	0.37	0.10	0.58	0.19
		f	0.46	0.39	0.58	0.07

Tabla. Resultados de los indicadores físico-químicos obtenidos en marzo del 2004 en la Bahía de Cienfuegos.

REFERENCIAS

APHA-WPCF-AWWA (1998): Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. 20th Edition. 210p.

Areces, A. (1986). Bahía de Cienfuegos: Eutrofización y planeamiento ambiental. Rep. Invest. Inst. Oceanología. No. 51, 36pp.

Beltrán J. y col (2002): Control y evolución de la calidad ambiental de la Bahía de La Habana y el litoral adyacente. Informe final. Vigilancia ambiental para la Bahía de La Habana. CIMAB. 60 p. Carriet, D.E., y Carpenter, J. H. (1966). Comparison and evaluation of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. Jour. Mar.Res., 24(3):286-318pp.

N.C.25: (1999): Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Hidrosfera. República de Cuba.

Niiler, P. (2000). The World ocean surface circulation, Current: The journal of marine education. Drifter buoys 16(1): 11-13pp

Regadera, R. y col. (2001). Evaluación y control de la contaminación marina en las bahías de Cienfuegos, Zona Varadero-Cárdenas, Matanzas, Mariel, Nuevitas, Nipe, Puerto Padre y Santiago de Cuba. Resultado 02: "Diagnóstico de la calidad ambiental del ecosistema de la zona Varadero-Cárdenas". Informe final, CIMAB. 60p.

Tur, A. y col. (2000). Evaluación y control de la contaminación Marina en las bahías de Cienfuegos, zona Cárdenas-Varadero, Matanzas, Mariel, Nuevitas, Nipe, Puerto Padre y Santiago de Cuba. Resultado 02:"Control de la calidad ambiental del ecosistema Bahía de Matanzas". Informe Final, CIMAB. 58 p.

UNEP (1991): Standard chemical methods for marine environmental monitoring. Reference Methods for Marine Pollution Studies. No. 50.

UNESCO (1983): Chemical Methods for use in Marine Environmental Monitoring. Manual and Guides. IOC. No. 12.

Villasol, A., N. Jaime; R. Mederos; H. Quintana; J. Martínez; I. Fernández y A. Tur (1990). Estudios de la contaminación en la Bahía de Cienfuegos. Informe final, MITRANS. Instituto de Investigaciones del transporte, La Habana, 65p.

Wheatland, A.B; A.M. Inste; A.R. Aag y A.M. Bruce (1971) Some observations on the dispersion of sewage from sea out falls UK. Wat. Pollut. Res. Lab. Ref. 452:27p.

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

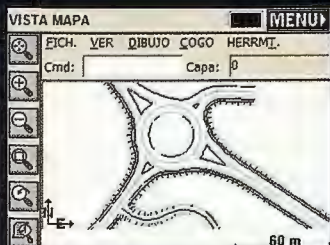
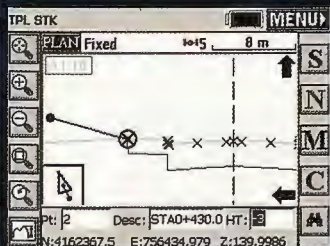
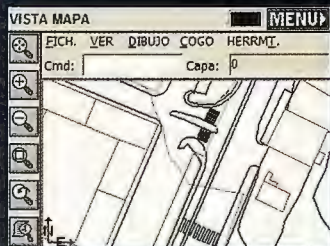
Funciones de levantamiento tradicional, automático (por tiempo/distancia/auto-uniión por códigos), de puntos excéntricos e inaccesibles.

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, Caice, 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.

Nueva impresora a color de gran formato Océ TCS300

Máxima rapidez y eficiencia en la impresión de documentación técnica a color

El incremento notable de la demanda de documentación técnica a color es la razón de ser de la nueva impresora Océ TCS300. Su velocidad y eficiencia le permiten alcanzar un nivel de productividad muy elevado. Se ha diseñado pensando en la optimización del tiempo del usuario y en su facilidad de manejo contando siempre con una óptima calidad, de modo que sus usuarios obtienen los resultados deseados a la primera.

Máxima velocidad en monocromo y a color

La alta velocidad de la nueva impresora Océ TCS300 es la base de su productividad. Permite imprimir en un minuto 1,5 A0's en monocromo y uno a color. Esta velocidad es aplicable a todos los posibles formatos que soporta la impresora: desde un A4 hasta 36 pulgadas de ancho.

Sin tiempos de espera ni antes ni después de la impresión

Sin embargo, para conseguir la máxima productividad, la nueva Océ TCS300 dispone no sólo de su velocidad sino de un potente procesador que le permite procesar los trabajos más complejos al mismo tiempo que imprime otros documentos. Además, inmediatamente después de ser impresos, los documentos están listos para utilizarse ya que no necesitan ni secado ni ajustes de márgenes, eliminando por completo las tareas de manipulación de las impresiones.

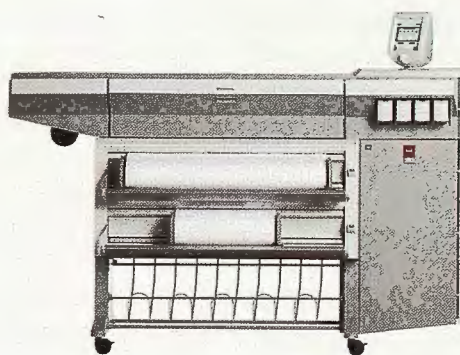
Facilidad de uso, incluso para usuarios ocasionales

Gracias a su manejo sencillo, incluso los usuarios ocasionales obtendrán magníficos resultados y a la primera. Así como su interfaz es muy intuitivo y fácil de utilizar, el driver que utiliza es de los mejores del mercado ofreciendo incluso información del estado de la impresora de forma remota. Tareas tan comunes como cargar o cambiar los rollos y las

tintas son realmente tan sencillas que los usuarios no requieren formación especial para ello.

Tecnologías exclusivas para resultados de calidad

La innovadora tecnología Océ aplicada a la impresora Océ TCS300 aseguran una larga durabilidad del sistema incluso en continuos periodos de uso. Por ejemplo, la tecnología Océ Dynamic Switching analiza de forma dinámica cada parte del documento para utilizar el modo de impresión óptimo para cada una de ellas. Por lo tanto, se obtiene la mejor calidad de impresión posible sin sacrificar productividad ni definir complejas opciones de impresión. Por otro lado, el gestor de color del sistema asegura la reproducción fiel de los colores que el usuario espera, especialmente para aquellos trabajos o presentaciones con colores corporativos.



Una buena inversión

La impresora Océ TCS300 se ha diseñado para conectar las necesidades actuales y futuras de impresión de documentos CAD/GIS a color. Esta característica la convierte en una magnífica inversión para todo tipo de empresas que necesiten imprimir y gestionar su documentación técnica ya sea, en blanco y negro como en color.

El Grupo Océ

El Grupo Océ está presente en más de 80 países y tiene delegaciones en 30 de ellos. Océ emplea a más de 24.000 personas en todo el mundo. Su facturación anual en 2005 ascendió a 3.700 millones de euros.

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.

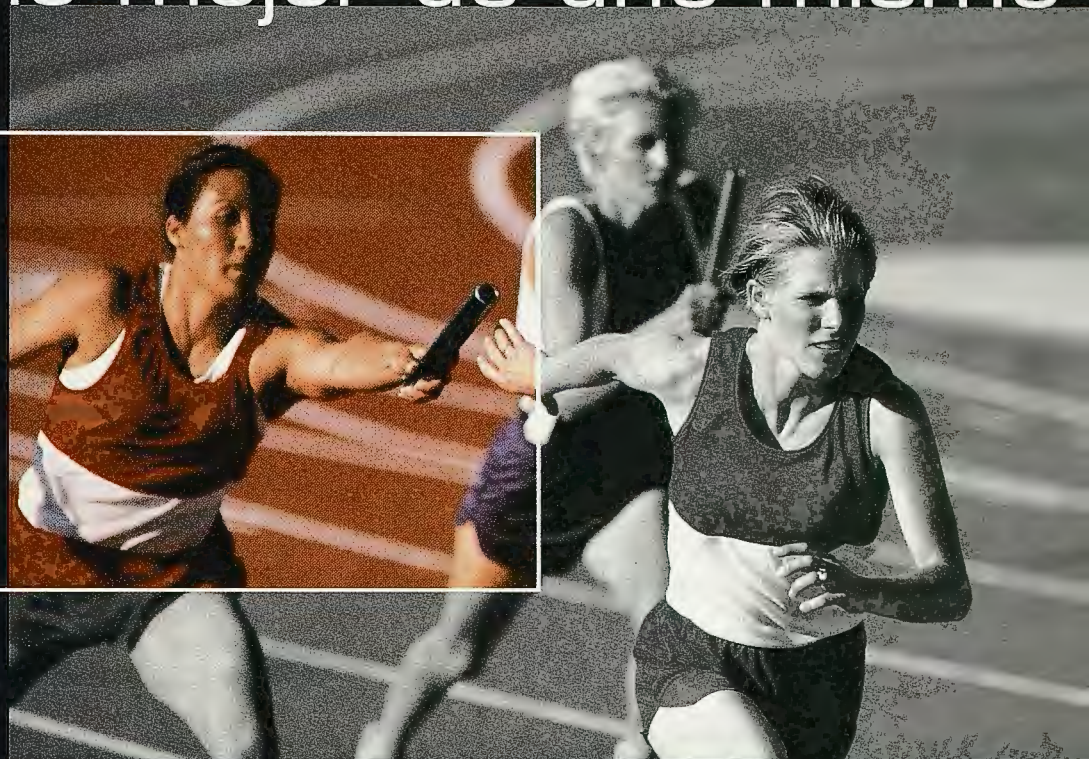
-Soluciones SIG para la Administración.

E-mail: gis@summa-eng.com

Passeig Pere III 19 08240 MANRESA Tel 93 872 42 00

entregar

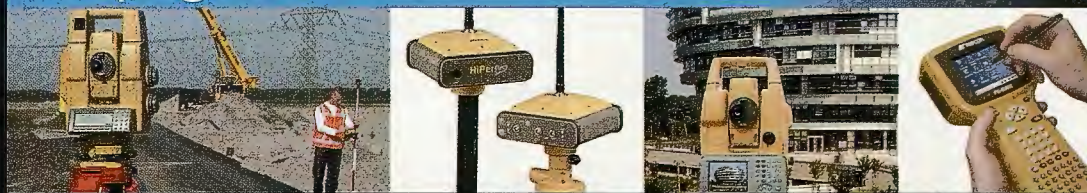
lo mejor de uno mismo



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



DISTRIBUIDORES EN EXCLUSIVA DE

La fuerza de un grupo

INTRAC • ISIDORO SÁNCHEZ • LASER RENT • GEOTRACK

 **TOPCON**

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

Noticias

Autodesk presenta versiones comerciales de su servidor de mapas

Autodesk MapGuide Enterprise 2007 y Autodesk MapGuide Studio 2007 proporcionan a los consumidores las ventajas del código abierto

Autodesk, Inc. (NASDAQ: ADSK) ha anunciado la disponibilidad de Autodesk MapGuide Enterprise 2007, la versión comercial de su plataforma de servidor de mapas Open Source. Esta versión certificada cuenta con todas las ventajas de la versión de código abierto, además de asegurar calidad adicional, soporte técnico, conectividad a fuentes de datos adicionales como Oracle y SQL Server e integración con numerosos componentes de terceras partes. También se encuentra disponible Autodesk MapGuide Studio 2007, un potente entorno para la creación y publicación de mapas y datos relacionados, con versiones de MapGuide. "Tanto MapGuide Open Source como Autodesk MapGuide Enterprise ofrecen a los consumidores las ventajas del código abierto: una comunidad cohesionada, caracterizada por su innovación constante y la posibilidad de personalizar el software", afirma Chris Bradshaw, vicepresidente de la División de Soluciones de Infraestructura de Autodesk. "Autodesk MapGuide Enterprise va un paso más allá al proporcionar a los clientes el soporte y respaldo de una de las compañías de software más grandes del mundo".

Los beneficios de una suscripción a Autodesk MapGuide Enterprise son los siguientes:

- Desplegar soluciones con la certeza de que tanto las aplicaciones como el hardware están completamente respaldados.
- Soporte vía web para solucionar posibles incidencias.
- Conexión a bases de datos Oracle y SQL Server.
- Integración de componentes, como el sistema de coordenadas Mentor.
- Acceso a continuas mejoras por parte de Autodesk a través de actualizaciones periódicas que proporcionan funcionalidades adicionales y soporte para nuevo hardware.

HP líder en Impresión a Color

La compañía cuenta con la más amplia gama de soluciones y aplicaciones y es número 1 en los principales mercados de impresión color

HP anuncia hoy su liderazgo en sistemas de impresión color, con una gama de soluciones y productos que abarcan todos los sistemas de impresión (láser, inyección de tinta, gran formato, súper formato y prensas digitales). Según datos correspondientes al Q1 de 2006 facilitados por la consultora IDC, HP es líder en España en los mercados de impresión láser color (37,9%), inyección de tinta (53,8%) y gran formato (73%).

Además, la compañía pone a disposición de los profesionales soluciones que facilitan la transición a la impresión en color, como el Control de Acceso al Color (CAC) que racionaliza su uso, o herramientas online, como "Hágalo usted mismo" dirigida a los pequeños y medianos negocios para ayudarles a crear sus propios catálogos, folletos y otros materiales de marketing desde su propia oficina. Con soluciones y productos que se ajustan a las exigencias de los clientes, HP es la marca preferida en el mercado español.

"Nuestro cometido como compañía es proporcionar las mejores soluciones y las impresoras más adecuadas a los negocios, por eso tenemos el reconocimiento de los clientes quienes prefieren HP para manejar la impresión en color en la oficina", dijo Federico Palacios, Director de Impresión Láser Color de HP. "Gracias a una investigación constante, una fuerte inversión en nuevos productos más avanzados y a nuestro esfuerzo por ofrecer todas las posibilidades para adaptar el color de forma más fácil, HP continúa siendo la marca líder del mercado".

Tendencias del color

Como parte de esta filosofía, la compañía proporciona las herramientas indicadas para la transición de la impresión monocromo al color, ayuda a la internalización de la realización de material promocional mediante aplicaciones online y pone a disposición de los profesionales soluciones de control de acceso al color a fin de ahorrar costes y maximizar su producción.

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.

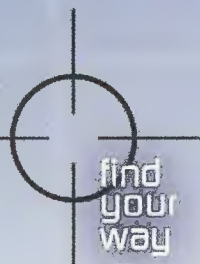
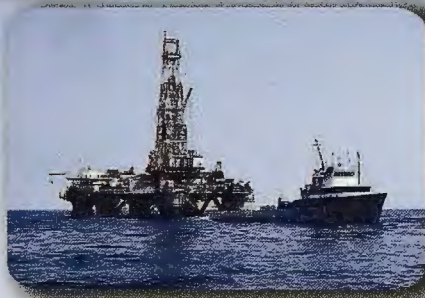
DISTRIBUIDORES EN EXCLUSIVA DE



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