

MAPPING

TELEDETECCIÓN

SISTEMAS DE

MEDIO AMBIENTE

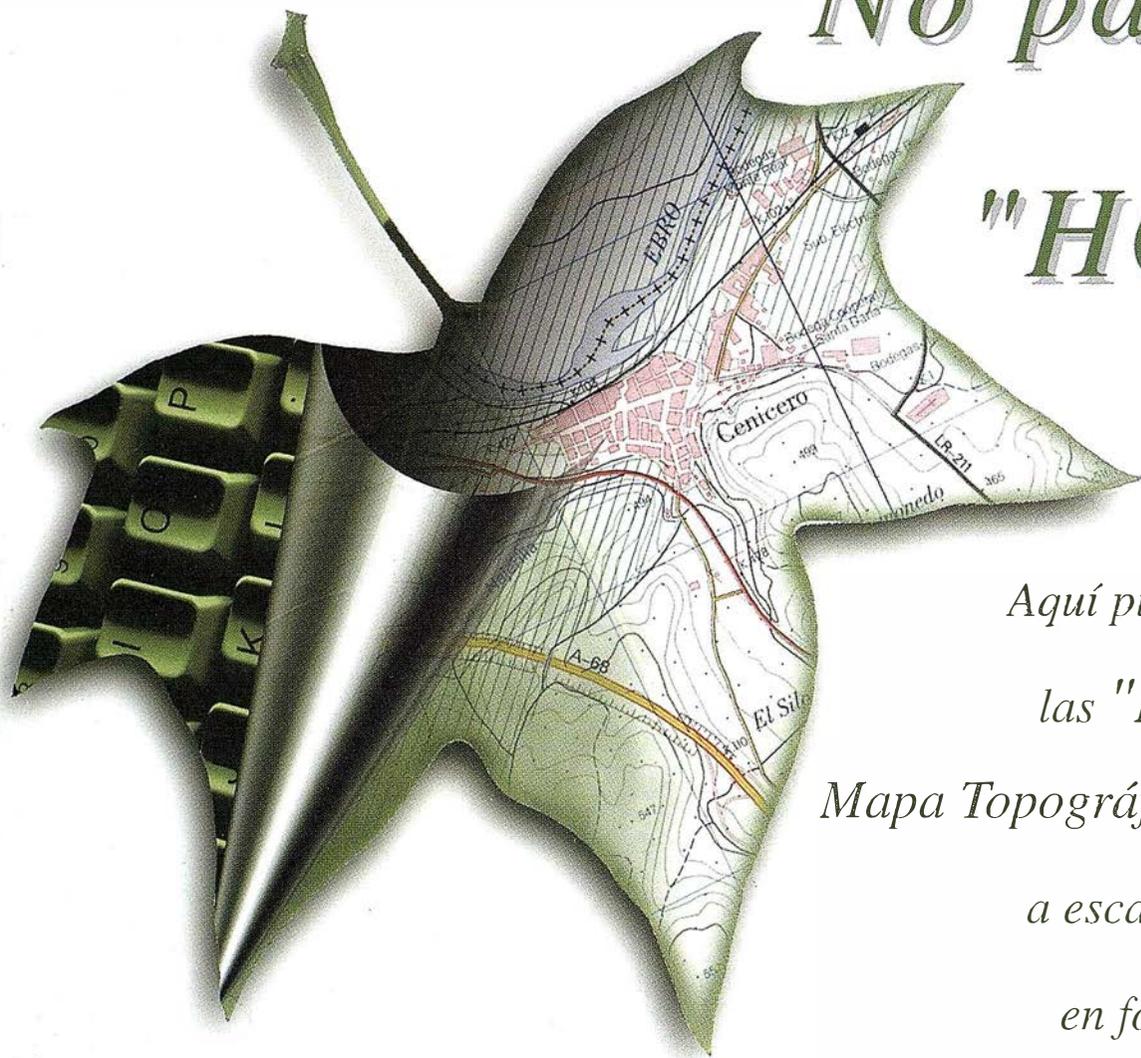
CARTOGRAFÍA



Nº 60 MARZO 2000 PRECIO 900 PTAS

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

No pase la "HOJA"



Aquí puede encontrar
las "HOJAS" del
Mapa Topográfico Nacional
a escala 1:25.000
en forma digital.

Imprescindible en proyectos de...

- √ Redes de distribución, √ Puntos de venta, √ Localización de mercados, √ Tendidos eléctricos,
- √ Previsión de riesgos, √ Optimización de rutas, √ Obra civil,
- √ Estudios medioambientales, demográficos, etc.

Productos disponibles:

Base de Datos 1: 25.000 (BCN25), Base de Datos 1: 200.000 (BCN200), Base de Datos 1:1.000.000 (BCN1000),
Modelo Digital del Terreno (MDT25), (MDT200) y (MDT1000), Base de Datos Monotemáticos,
Mapa de Usos del Suelo (Corine-Land Cover), Datos Teledetección (Landsat TM)
(Spot Pancromático), Líneas Límite (Varias escalas).

GeoMedia

número uno en

SIG

Soluciones para todos los sectores



El cliente geográfico de múltiples formatos con capacidad de análisis espacial.



El producto para captura y mantenimiento de datos geográficos, desarrollado con la última tecnología que le permitirá mejorar su productividad.



Permite publicar información geográfica en WEB, mejorando eficiencia y productividad con respecto a otras herramientas del mercado.



La solución para el análisis de redes logísticas y de transporte.



Añade a GeoMedia Web Map nuevas funciones de análisis de información SIG o de redes



Versión extendida de GeoMedia Professional, que permite establecer relaciones entre entidades de acuerdo a unas normas preestablecidas. El producto para redes de distribución.



Conozca la nueva generación de Sistemas de Información Geográfica.

INTERGRAPH

Líder Mundial en Sistemas de Información Geográfica

INTERGRAPH (España) S.A. • C/ Gobelos, 47 - 49 • (La Florida) 28023 MADRID • Tel.: 91 372 80 17 • 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

Web: www.intergraph.com/gis



MAPPING

SUMARIO

8 TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA EN ZONAS REGABLES

28 ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTOS DE VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ENTORNO DE VALLADOLID

34 TRIANGULACIÓN AÉREA EN SISTEMAS DIGITALES DE BAJO COSTO

40 DISEÑO DE UN PLAN DE RECOGIDA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS UTILIZANDO TECNOLOGÍAS SIG

54 LA IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LAS CORPORACIONES LOCALES

58 EVOLUCIÓN DE GRANDES INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO NOAA-AVHRR

66 ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR DETECTADA VÍA SATÉLITE Y POR MEDICIONES IN SITU AL NORTE DE CUBA Y NE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

74 CÁLCULO DE ORIENTACIÓN RELATIVA ANALÍTICA POR MODELOS INDEPENDIENTES

80 IMPORTANCIA DEL FALLAMIENTO EN MANAGUA

Foto Portada: Cedida por AZIMUT, S.A.

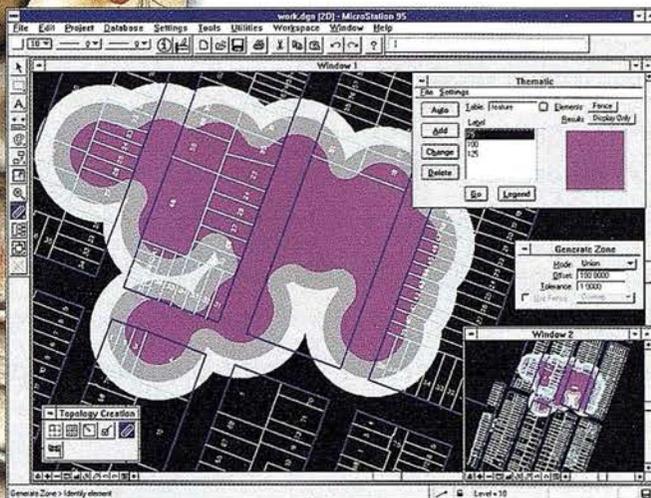
Edita: CAR SIGMA CARTOGRÁFICA, S.L. **Director de Publicaciones:** D. José Ignacio Nadal. **Redacción, Administración y Publicación:** C/ Hileras, 4, 2º, Oficina 2, 28013 Madrid - Tel. 91 547 11 16 Fax: 91 547 74 69 - [http:// www.ctv.es/mapping](http://www.ctv.es/mapping), E-mail: mapping@ctv.es **Delegación en Andalucía:** D. José Manuel Escobar, Tel. 956 47 47 58 **Delegación en el País Vasco:** Srta. Montserrat Sáenz de Ugarte, Tel. 945 128 454, **Diseño Portada:** R & A MARKETING **Fotomecánica:** P.C. FOTOCOMPOSICIÓN **Impresión:** COMGRAFIC ISSN: 1.131-9.100 **Dep. Legal:** B-4.987-92.

MicroStation

GeoGraphics®

para *MicroStation* 

la solución de CAD
para el mundo GIS.



- Totalmente personalizable.
- Gran capacidad de análisis espacial.
- Configuración de proyectos mediante un Wizard.
- Nuevo gestor de mapas incluyendo ficheros raster.
- Nuevo generador de consultas a base de datos (SQL Builder).
- Visualización continua de la Cartografía.
- Máquina virtual Java (JVM).

Solución Multiplataforma
PC y UNIX.



BENTLEY
Engineering the future together

91 372 89 75

www.bentley.es

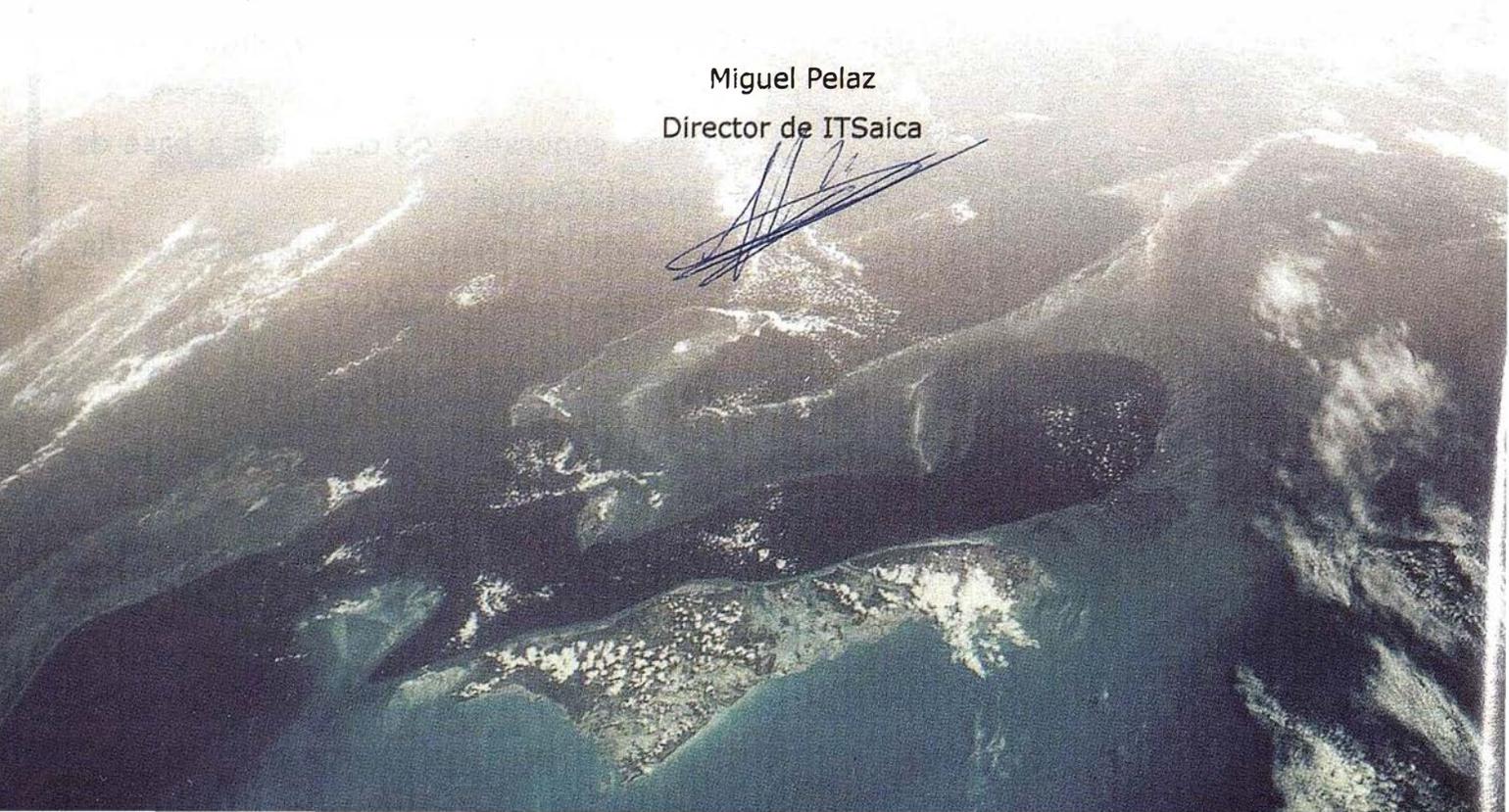
Estimado Sr.

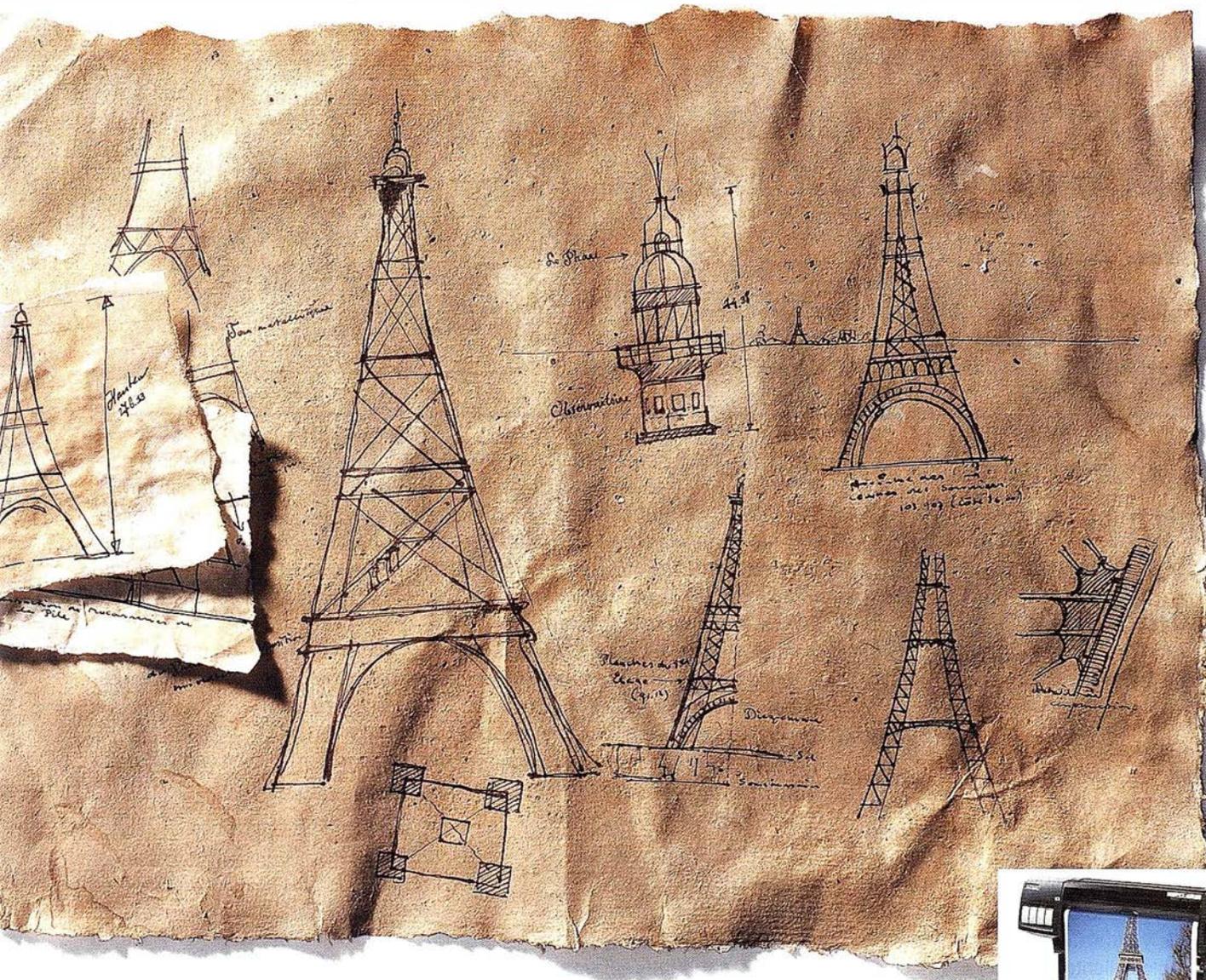
Experiencia, tecnología avanzada y calidad en el servicio. Sobre estos tres pilares nace **ITSaica** para el sector de la Cartografía, Mapas y Sistemas de Información Geográfica.

En **ITSaica** hemos reunido en una sola empresa la mejor oferta tecnológica para la comercialización de equipos y software para el sector de la cartografía, con la experiencia adquirida durante décadas de dedicación a la producción de trabajos topográficos y cartográficos en toda su extensión. El resultado es una sociedad con vocación de aportar soluciones a las necesidades de los profesionales, empresas y entidades vinculadas al sector de la cartografía.

A partir de este momento, tanto si sus necesidades son de inversión en nuevo software y hardware, como si se refieren a la realización de proyectos y servicios cartográficos, mapas y SIG/GIS, en **ITSaica** nos ponemos a su servicio.

Miguel Pelaz
Director de ITSaica





Las grandes ideas merecen las mejores herramientas.

Aunque lo mayoría de los grandes ideas comienzan siendo simples garabatos en una hoja de papel, la compleja tarea de convertirlas en realidad merece lo utilización de las mejores herramientas. Por eso, cada vez más profesionales optan por las impresoras HP DesignJet. Soben que el compromiso contraído por Hewlett-Packard para materializar sus ideas no tiene equivalente en el mundo de hoy. Las impresoras HP DesignJet, ya sean en tamaño A3, A0 o incluso mayor, son únicas en su género. Son rápidas y fiables, funcionan con una amplia gama de tinta HP y de soportes, ofreciendo una alta productividad y unas impresiones de excelente calidad con un mínimo de supervisión. Y además, todas son compatibles con el software y las redes actuales. Es el tipo de solución que cabía esperar de la empresa más inventiva del mundo. Con nuestros Promociones Plan Renove y Nueva Era DesignJet, y soluciones financieras HP Renting desgravables fiscalmente al 100% le ayudarán o estar al día tecnológicamente hoy y mañana.

Para averiguar cuál es la impresora HP DesignJet que más le conviene, llámenos al número 902.150.151, o visítenos en www.hp.es/granformato.



TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA EN ZONAS REGABLES

Alfonso Gómez Molina.

Profesor Titular Dpto. de Ingeniería Geográfica,
Geodesia y Fotogrametría.
Universidad Politécnica de Madrid.



Nuevas técnicas para la obtención de Cartografía en zonas regables

1. INTRODUCCIÓN

En este artículo se va a tratar de resumir los nuevos avances de la topografía y fotogrametría para la obtención de cartografía en zonas regables.

En el campo de la topografía el principal avance lo constituyen las técnicas **GPS**, y su aplicación en las fases de establecimiento de una red principal, apoyo de campo y aéreo, trabajos posteriores de replanteo y amojonamiento.

En Fotogrametría las últimas tecnologías se basan en **imagen digital**. Las ventajas de las nuevas técnicas digitales se basan en la automatización de procesos, fundamentalmente por dos razones, una la desaparición de la componente óptico-mecánica y electrónica que ahora son sustituidos por software y la segunda por la posibilidad de medición automática sin ayuda de operador humano, identificando puntos homólogos en imágenes adyacentes automáticamente.

Estas técnicas nos permiten emplear distintas metodologías en la producción, nuevos instrumentos basados en computadoras y software, y nuevos productos cartográficos como la ortofoto digital.

Finalmente una herramienta muy útil en el desarrollo de las fases de establecimiento de una zona de regadío son los **sistemas de información geográfica**. Estas herramientas nos permiten la utilización de información gráfica y alfanumérica, relacionadas entre sí. Son de aplicación fundamental en la manipulación y obtención de planos parcelarios, clasificación, mapas temáticos, cruce de los mapas anteriores para obtener nuevos mapas y finalmente para la explotación de las zonas regables.

2. LA TÉCNICA

Vamos a estudiar dentro de los distintos flujos de trabajo en fotogrametría que corresponden a la utilización de las nuevas técnicas mencionadas anteriormente.

Dentro de las distintas definiciones de fotogrametría, que pueden ser tan amplias que incluyen a la teledetección, nos vamos a quedar con la que considera como un sistema fotogramétrico aquel que se compone de captura de la imagen y del proceso de la misma.

La captura de las imágenes puede ser por técnicas digitales, técnicas analógicas y técnicas mixtas, como son el escaneado o digitalización de imágenes analógicas.

El proceso de la imagen puede ser realizado en modo monoscópico utilizando fotografías individuales o bien en modo estéreo mediante la propiedad de visión estereoscópica de la fotografía aérea vertical, y por métodos analógicos, analíticos o digitales.

Son las técnicas digitales, que a diferencia de las anteriores emplean fotografía aérea digital y procedimientos analíticos, las que nos ofrecen gran posibilidad de automatización como vamos a ver a continuación.

Las diferentes fases de que se compone un flujo de trabajo en fotogrametría digital son:

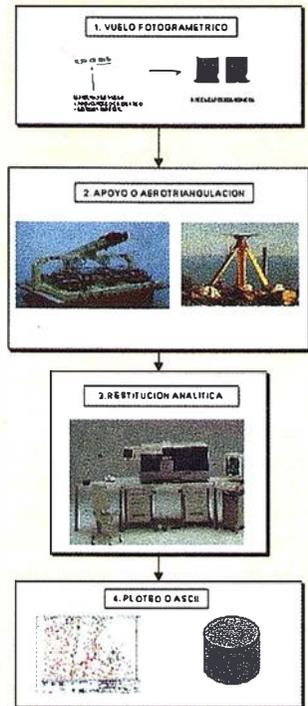
- vuelo fotogramétrico con GPS
- redes básicas
- apoyo aéreo cinemático
- digitalización de negativos/diapositivas
- aerotriangulación digital
- restitución - modelo digital del terreno
- cartografía digital
- ortofoto digital

2.1. Vuelo Fotogramétrico con GPS

Sería muy interesante obtener directamente las imágenes digitales en vuelo, y en este sentido se están realizando grandes esfuerzos e inversiones tanto por las firmas comerciales como por las Universidades.

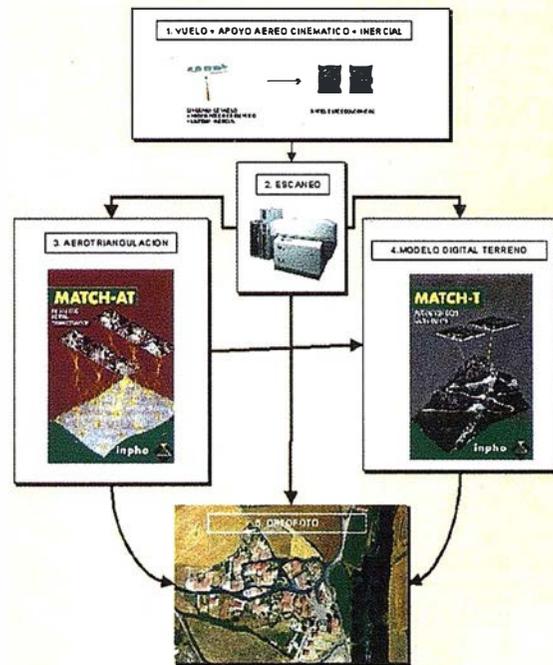
Una cámara aérea de última generación puede obtener en negativo más de 100 lpmm y en segunda copia (diapositiva) 50 lpmm, para igualar esta resolución necesitamos capturar una matriz de 20.000 x 20.000 píxeles en vuelo, a veces en tiempos tan cortos como cada 2 segundos, lo que supone, en una imagen en color con 24 bit/píxel, capturar y almacenar 1,2 gigas

FOTOGRAMETRIA ANALITICA



Flujo Analítico

FOTOGRAMETRIA DIGITAL



Flujo Digital

Figura 1

bytes/imagen. Este problema aun no está resuelto en producción y además tenemos que considerar la geometría y la radiometría.

Por lo que hasta que esta tecnología esté completamente operativa el procedimiento consiste en obtener fotografía aérea en película y posteriormente digitalizarla con un escáner que conserve su geometría, radiometría y resolución.

Las cámaras aéreas de última generación incorporan nuevas lentes y dispositivos que mejoran la calidad fotográfica, alcanzando mayor resolución, con menor distorsión, y mejorando la geometría del vuelo. Por lo tanto todos los procesos que implican identificación automática de imágenes serán mejorados.

Analicemos cada uno de estos dispositivos:

- **La conexión de la cámara a GPS** y la utilización de un sistema de navegación tiene varias ventajas como son:

- **Planificación:** en la oficina y sobre cartografía existente vamos a determinar las coordenadas teóricas de los centros de proyección (X;Y) y la altura sobre en nivel medio del mar, así como el horario útil de vuelo en función de la latitud y de la época del año. Todo ello mediante el uso de software adecuado.

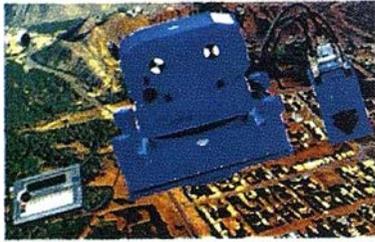
Este fichero de coordenadas será utilizado en vuelo con ayuda de un GPS de navegación y conexión con la cámara para efectuar los disparos en esas posiciones, con una precisión de aproximadamente 50 m., ó de 2 m. si se reciben correcciones en tiempo real vía radio, por un sistema tipo OMNIS-TAR.

- **Navegación:** el sistema guía al piloto a la zona. Le indica la geometría de las pasadas, fotos y pasadas que faltan por realizar y las ya ejecutadas. Y dependiendo de la funcionalidad que esté activada, el disparo se realizará en función de:

Las coordenadas de inicio y fin de la pasada, los recubrimientos longitudinal y transversal seleccionados y la situación del avión sobre la pasada.

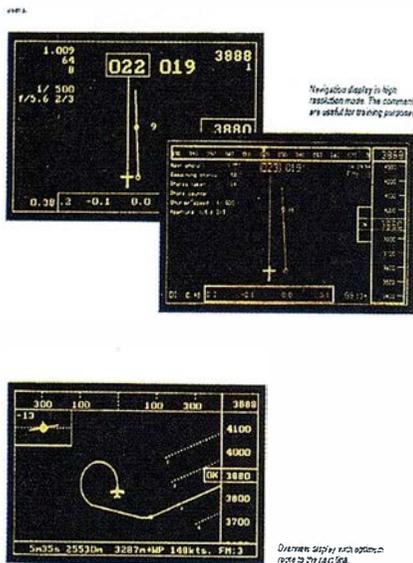
O bien el disparo se efectuará en la posición que indican las coordenadas X;Y determinadas en planificación.

- **Determinación de las coordenadas de los focos:** la cámara emite una señal que se registra con el tiempo GPS del momento del disparo. Este tiempo nos servirá para interpolar la posición del centro de proyección en postproceso a partir de las posiciones del GPS de vuelo antes y después del disparo, ya que este va realizando observaciones cada 0,5 ó 1 seg.
- **Generación de documentación de vuelo:** Los gráficos de vuelo se realizan automáticamente a partir de las coordenadas de los focos y el control de calidad de geometría se puede rea-

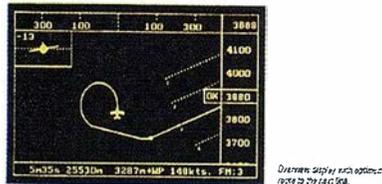


Cámara aérea y Sistema de Navegación

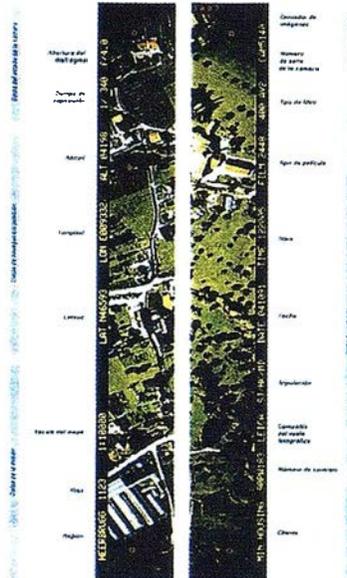
Figura 2



Navigation display in high resolution mode. The comments are useful for training purposes.



Navigation display in low resolution mode. The comments are useful for training purposes.



Navegación en Vuelo

Rotulación automática

Figura 3

lizar analíticamente a partir del mismo. La rotulación de los fotogramas se realiza directamente en vuelo, registrándose datos como las coordenadas aproximadas de navegación, hora GPS, fecha, tiempo de exposición, apertura de diafragma, número de fotograma y de pasada, y datos del proyecto que se hayan predeterminado.

- **F.M.C. (Forward Movement Compensation)**, compensación por desplazamiento de la imagen en el momento de la exposición.
- **A.M.C. (Angular Motion Control)**, compensación de movimientos an-

gulares por plataformas estabilizadoras de giros.

- **Resolución:** Average Weighted Area Resolution (A.W.A.R.) > 100 l.p./mm. Con objetivos que incorporan nuevos sistemas ópticos de mayor calidad se consiguen resoluciones superiores a 100 líneas por milímetro, frente a las cámaras convencionales que no superan los 60 l.p./mm.

Utilizando este tipo de cámaras para unas especificaciones de precisión y de fotointerpretación, con FMC-AMC y el aumento de resolución de las lentes, se puede volar a mayor altura para una misma escala de cartografía, lo

que reduce el número de fotos requeridas por unidad de área. La otra alternativa es considerar que de la misma escala de vuelo se pueden obtener ampliaciones de escala de ortofoto superiores a las habituales.

2.2. Red básica

Las ventajas de este sistema frente a los métodos clásicos fundamentalmente son no depender de las condiciones atmosféricas, observación incluso de noche y no es necesaria la intervisibilidad entre puntos. Hay otras adicionales como no depender de la refracción atmosférica, etc.

La principal limitación reside en no poder utilizarse en zonas donde las ondas no puedan llegar a la antena del receptor, tales como zonas arboladas, urbanizadas, con mucho relieve, etc. Otro grave problema reside en la determinación de cotas ortométricas que precisa del conocimiento del geode local, ya que el sistema GPS utiliza el sistema de coordenadas WGS-84.

En zonas regables es muy interesante su aplicación en la observación de redes geodésicas y topográficas (red básica y red de replanteo) y obtención de coordenadas de puntos de apoyo fotogramétricos. Recientemente el desarrollo de receptores y software específico está permitiendo su uso en modo cinemático en trabajos de replanteo, en perfiles transversales y levantamientos de detalle.

El objeto de la red básica es establecer sobre el terreno una serie de vértices topográficos, que se señalarán para garantizar su permanencia, de

Atlas

Sistema integrado de información territorial para las corporaciones locales



Àlaba, 140 - 144, 3º 3ª
08018 BARCELONA
Tel. 902 21 00 99
Fax 93 486 46 01
e-mail: abs@absis.es

Baró de Maials, 18, entresuelo
25005 LLEIDA
Tel. 973 22 20 48
Fax 973 23 26 87
e-mail: delleida@ictnet.es

Santa Engracia, 141, planta 4ª - ofic.1
28003 MADRID
Tel. 91 535 24 78
Fax 91 534 39 42
e-mail: abscentro@absis.es

Edificio Trade Center I
Profesor Beltrán Bágüena, 4
46009 VALENCIA
Tel. 96 345 92 35
Fax 96 348 60 24
e-mail: abslevante@absis.es

www.absis.es



ABSIS

los cuales obtendremos sus coordenadas y que serán utilizados para determinar los puntos de apoyo y de partida para obtener redes de rango inferior.

El diseño de la red básica se realiza en gabinete, sobre la cartografía existente. El mapa topográfico nacional 1:50.000 con equidistancia de curvas de nivel de 20 m, tiene una información muy válida para este primer estudio:

- Planimetría: Red viaria
Red hidrográfica
Construcciones
- Altimetría: Curvas de nivel
Puntos acotados
- Vértices geodésicos

Sobre la cartografía existente hay que diseñar:

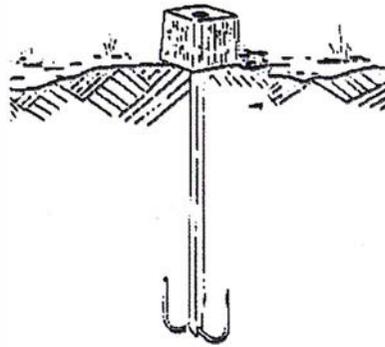
- Enlace con la red geodésica nacional: El enlace es necesario por varios motivos:
 - Por causas legales: georreferenciación nacional para catastro, delimitación costera, situación de canteras, delimitación minera ...
 - Por situación: - orientación: solanas - umbrías, energía solar.
- altitud: pluviometría.
 - Continuidad cartográfica: - cartografía básica regional
 - obras de ingeniería civil (ej: zonas regadíos)
 - referenciar actuaciones puntuales
- Método geodésico o topográfico y geometría de la red:

Los métodos usuales para realizar la red básica son, la triangulación y la poligonación. La geometría de la red, distancias entre ejes y forma de las figuras, depende del método empleado y de la precisión que se quiera alcanzar.

Este estudio sobre cartografía existente se denomina anteproyecto de la red básica.

La siguiente operación es realizar las observaciones en campo, que se hacen conjuntamente con la determinación de los puntos de apoyo (PA).

De cada uno de los vértices topográficos en campo se realiza una reseña que indica, su situación el acceso, se toma una fotografía y tipo de señalización. La señalización es fundamental para identificar el vértice en trabajos posteriores, como pueden ser los de replanteo. Un tipo de señal muy



Hito tipo "Feno".

Figura 4

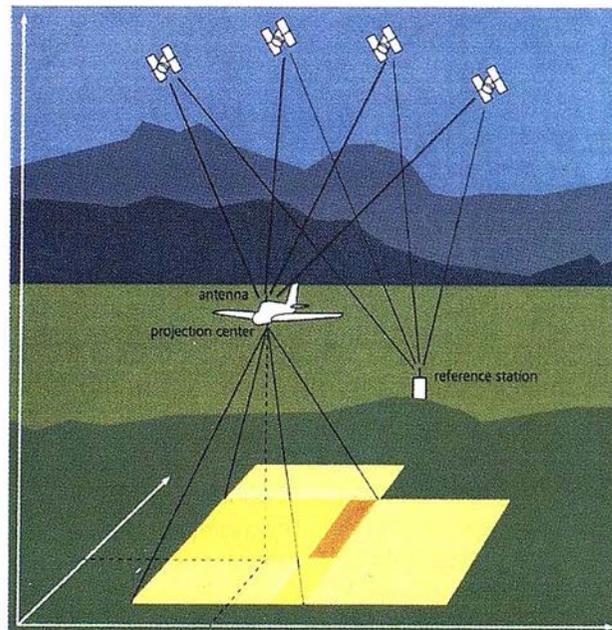
usual y bastante barata es el hito de tipo Feno.

2.3. Apoyo Aéreo Cinemático

La determinación de las coordenadas de los centros de proyección en vuelo produce una reducción de las necesidades de puntos de apoyo terrestre necesarios para la realización del proceso de aerotriangulación. Se disminuye por tanto la dependencia de la fotogrametría de la topografía. Pero además permite una automatización de los procesos posteriores, debido a que en aerotriangulación digital la única fase manual es la medición manual de los puntos de apoyo sobre los modelos o fotografías individuales.

Veamos en detalle el proceso técnico:

Se realiza un vuelo fotogramétrico con un receptor GPS instalado en el avión, y otro estacionado en una base de referencia en tierra. La distancia máxima entre el receptor instalado en el avión y la base de referencia será inferior a 500 Km.



Apoyo aéreo cinemático

Figura 5

El receptor GPS y la cámara funcionan independientemente, de manera que las observaciones de los receptores GPS se hacen a intervalos de tiempo constantes, y las exposiciones de la cámara se realizan en tiempos diferentes. Como resultado de la interpolación de datos GPS en postproceso, se obtiene una posición para cada momento de la observación GPS, es decir la trayectoria del avión.

Para poder determinar las posiciones de exposición de la cámara de las posiciones GPS, los momentos de exposición de la cámara y los de las observaciones de GPS se deberán tomar en una escala de tiempo similar. Con este fin, las cámaras modernas (ZEISS LMK-2000, ZEISS RMK-TOP, LEICA RC 30) producen un im-pulso eléctrico justo en el momento de la exposición de la cámara y se almacena el tiempo en que se ha producido el disparo.

De esta manera las posiciones de exposición, es decir los centros de proyección pueden ser interpoladas para los momentos de exposición de la cámara.

El bloque debe ser configurado con las pasadas convencionales ESTE-OESTE y una serie de pasadas transversales al principio y al final del mismo, que de esta manera conectan las pasadas normales mediante una transversal. Si el bloque fuese demasiado grande se añadirían una serie de pasadas transversales adicionales para estabilizarlo y poderlo subdividir para realizar cálculos y ajustes parciales por aerotriangulación.

Los puntos de control necesarios se reducen sustancialmente como se indica

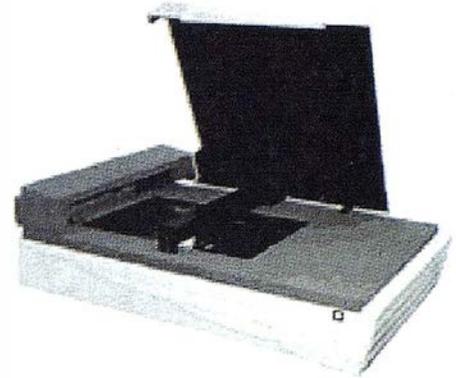
en la figura 6, con un mínimo de cuatro puntos en las esquinas del bloque para transformar al sistema geodésico nacional. Y se complementan con dos cadenas transversales de puntos verticales al inicio y final del bloque para el cálculo de los parámetros de transformación de cada pasada (drift parameters). Estas pueden ser sustituidas por pasadas transversales en la misma situación que se dispondrían las cadenas transversales.

Como vemos se potencia la eficacia de la aerotriangulación reduciendo considerablemente el número de puntos de control, determinando las posiciones de la cámara en el momento de la exposición mediante GPS, conocido como apoyo aéreo cinemático, y utilizando las mismas como observaciones adicionales durante el cálculo y ajuste de la aerotriangulación mediante el software adecuado.

2.4. Escanner Fotogramétrico

Dado que el desarrollo de las cámaras aéreas no está finalizado y pasarán todavía unos años hasta que sustituyan a la tecnología actual, el método a utilizar en fotogrametría necesariamente pasa por la obtención de película fotográfica con cámaras de última tecnología y su posterior digitalización por un escáner fotogramétrico.

Este escáner debe garantizar la radiometría, precisión geométrica y estabilidad a lo largo del tiempo, para blanco-negro y color, usando negativos y diapositivas.

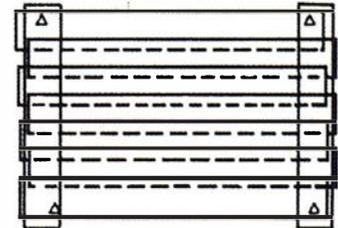
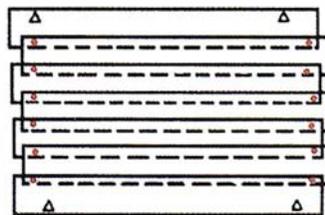
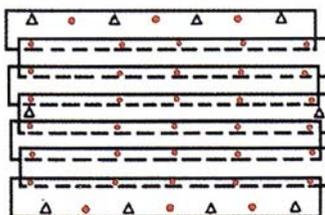


Scanner Fotogramétrico

Figura 7

Antes la calidad de la imagen sólo dependía de la cámara aérea y la película, pero ahora también del escáner y por tanto este debe de preservar las características de la fotografía original. Para ello debe de cumplir las siguientes condiciones:

- **Geometría:** La precisión geométrica de un escáner debe ser superior a ± 2 micras para que sea similar a los procesos analíticos. Esta precisión nominal debe de perdurar a lo largo del tiempo, por lo que el sistema fotogramétrico debe de incorporar un sistema de autocalibración y calibración exterior.
- **Resolución:** la resolución depende del proceso fotogramétrico a realizar, de la ampliación de la foto original, y del detalle mínimo a detectar.



Puntos de control necesarios.

Figura 6

Según el profesor Kolb la resolución máxima de un escáner fotogramétrico debe ser al menos 5 o 10 micras.

Como a menor tamaño de píxel se produce un incremento exponencial de los ficheros de las imágenes digitales, es más razonable tratar de conservar la resolución original en la foto digital.

Para ello podemos aplicar dos criterios:

- Que cada línea par (líneas alternas del mismo ancho blancas y negras) quede definida por dos píxeles, o con un criterio más selectivo por tres píxeles como se muestra en la figura.
- Que el objeto más pequeño que queramos detectar queda definido por al menos tres píxeles.

La resolución usual a utilizar en los distintos procesos oscila entre 15 y 30 micras.

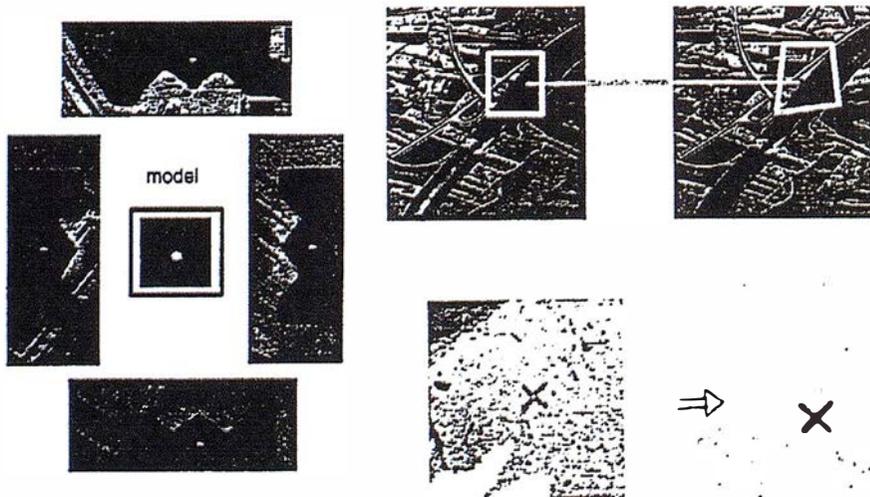
Como vemos el gran problema de la fotogrametría digital en un proyecto de tamaño medio es el manejo de un gran volumen de información.

- **Radiometría:** el rango dinámico debe comprender los rangos de densidades de las fotografías originales, por lo tanto en blanco-negro 2D y para color 3,5D.

El resultado del proceso de digitalización o escaneado es la imagen digital que representa la imagen original "congelada", de manera que ya no se modificará su posición, ni se modificará dimensionalmente por cambios de humedad ni temperatura.

2.5. Medición en Fotogrametría Digital

La medición en fotogrametría convencionalmente se ha venido realizando con ayuda de la marca flotante y por procedimientos manuales. Con la fotogrametría digital aparece el concepto de medición automática mediante identificación de imágenes (image matching).



Identificación de imágenes

Figura 8

La identificación puede consistir en :

- buscar un patrón en la imagen digital
- seleccionar un detalle en la imagen original e identificarla en la homóloga
- seleccionar un detalle en la imagen original e identificarla con un patrón

Las operaciones en que se necesita realizar el proceso de medición son inicialmente las correspondientes a la orientación y aerotriangulación de fotogramas o modelos (interna y exterior o bien interna, relativa y absoluta), y una vez determinados los parámetros de orientación, para la explotación del modelo estereoscópico (modelos digitales, restitución etc).

La precisión estimada en fotogrametría digital se puede cifrar en 1/3 de píxel y la medición automática en 1/10 de píxel.

2.6. Aerotriangulación

La aerotriangulación digital es el proceso con mayor potencial de automatización dentro del flujo de trabajo de fotogrametría digital.

Una definición de aerotriangulación puede ser la técnica fotogramétrica que a partir de un mínimo número de puntos de apoyo o control y mediante mediciones en los fotogramas, determinara las coordenadas de los puntos de enlace y los parámetros de orientación exterior que permitirá realizar la fase de orientación exterior de cada uno de los fotogramas individuales.

Las distintas fases de que se compone la aerotriangulación digital son:

- Definición del bloque
- Medición de puntos de control semi-automáticamente
- Medición automática:
 - Elección de puntos
 - Numeración de puntos
 - Transferencia de puntos
 - Medición de puntos
- Calculo y compensación

Las principales ventajas de la aerotriangulación digital son la automatización del proceso mediante técnicas de identificación automática de imágenes (image matching), su rapi-



La evolución de las Estaciones Totales Topcon continua con la integración de servomotores en los clásicos instrumentos Topcon de gama alta. Las altas prestaciones de medición, gran capacidad de cálculo, y una sencilla y amigable interface de usuario se combinan con la última tecnología en servo motores para producir una serie de instrumentos para el topógrafo de hoy día.

ALTAS PRESTACIONES EN TOPOGRAFIA DE FORMA SENCILLA

LA TOPOGRAFIA MOTORIZADA!

- Alta velocidad de movimiento de los servo
- Mecanismo de movimiento de tornillos "sin fin" y "sin-apriete".
- Sistemas de tarjeta PCMCIA / MS DOS.
- Amplio programa de topografía de campo.
- Alta precisión, altas prestaciones
- Fácil de utilizar.

ESTACION TOTAL ELECTRONICA GTS-800 SERIES

DIVISION TOPOGRAFIA

Central:
Frederic Mompou 5 - Ed. Euro 3
08960 SANT JUST DESVERN/BARCELONA
Tel.: 93 473 40 57 Fax: 93 473 39 32

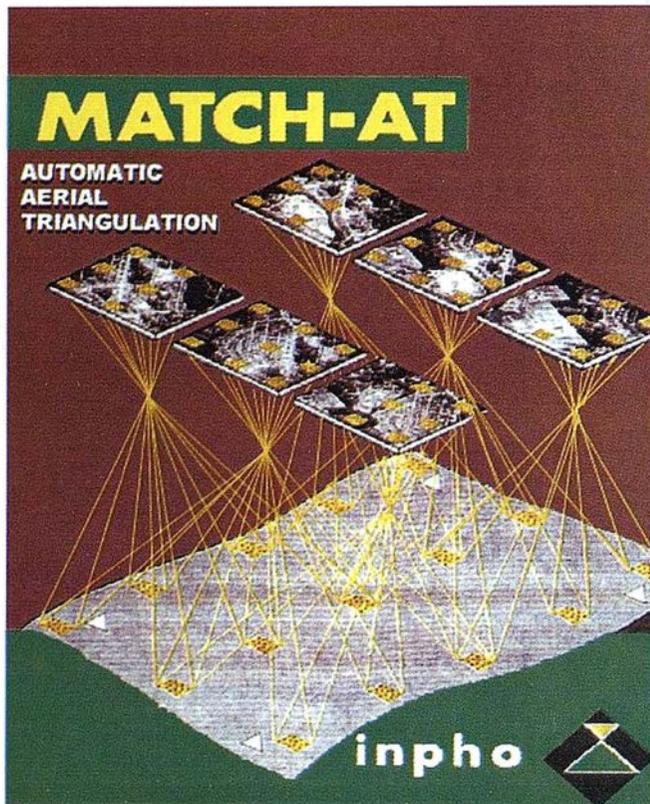
Zona Centro:
Av. de Burgos, 16 E 1°
28036 MADRID
Tel.: 91 302 41 29 Fax: 91 383 38 90

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

Zona Levante:
Av. Guardia Civil, 30
46020 VALENCIA
Tel./Fax: 963 62 13 25

Beg'n 21
88 years. Beginning the 21st century.

E-mail: topcontp@bcn.servicom.es



Triangulación aérea

Figura 9

dez de ejecución (3 a 5 minutos por foto), su robustez y redundancia por la cantidad de puntos que se utilizan, la precisión que se alcanza por medio de técnicas de identificación de imágenes (0,1 pixel) y como resumen por ser más económica que la convencional.

Una vez obtenidos los parámetros de orientación interna y externa para cada imagen digital estas podrán ser visualizadas en cualquier estación digital en estereoscopia directamente o podrá ser utilizada para cualquier procedimiento fotogramétrico.

2.7. Restitución fotogramétrica

El proceso de extracción métrica y registro de la información del modelo mediante la marca flotante se conoce como **restitución**.

Este proceso lo realiza el operador de restitución, seleccionando la información a restituir, situando y desplazando la marca flotante sobre los ele-

mentos a representar. Estos desplazamientos se registran sobre soportes gráficos (papel poliéster estable) o bien se digitalizan directamente por un ordenador con software gráfico interactivo, dando lugar a la restitución gráfica y numérica o digitalizada respectivamente.

La representación de la planimetría abarca todos los detalles que existen sobre la superficie del suelo, con excepción de las formas del relieve. Estos detalles pueden ser representados por su contorno o por medio de símbolos en función de la escala.

Es importante reseñar que, en la restitución numérica, los elementos planimétricos se registran en 3 dimensiones, es decir cada punto o línea viene definido por coordenadas X,Y,Z terreno.

La representación del relieve se hace normalmente mediante curvas de nivel y puntos acotados, que nos definen cimas, collados, puertos y densifican las curvas de nivel en terrenos llanos.

Las curvas de nivel las registra el operador colocando la marca flotante a la altura de la curva que se quiere definir, y desplazándola sobre el modelo, manteniéndola tangente al terreno en todo momento. Situando la marca flotante sobre los puntos acotados se determina su altura, que el operador anota en la mesa de dibujo o directamente captura el ordenador.

También se puede definir la altimetría por una cuadrícula de puntos altimétricos con una determinada densidad y líneas que nos definan las estructuras del terreno (líneas de estructura) que producen discontinuidades en el relieve como carreteras y caminos, y los cambios de pendiente (líneas de ruptura) como hidrografía, líneas divisorias de pendientes etc.

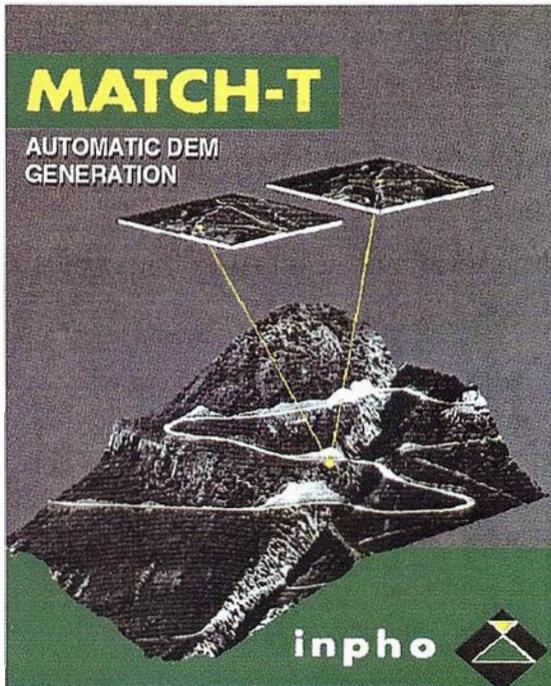
2.8. Modelo Digital del Terreno

Uno de los procesos de explotación automática en fotogrametría digital, es la obtención de Modelos Digitales del Terreno por correlación automática, o con más propiedad deberíamos hablar de Modelo Digital de Elevaciones ya que se trata de obtener una cuadrícula rígida de "Z".

Para ello nos basamos en la identificación automática de puntos homólogos en ambas fotos, y ya conocidos los parámetros de orientación de la fase anterior, analíticamente calcular la "Z" en terreno.

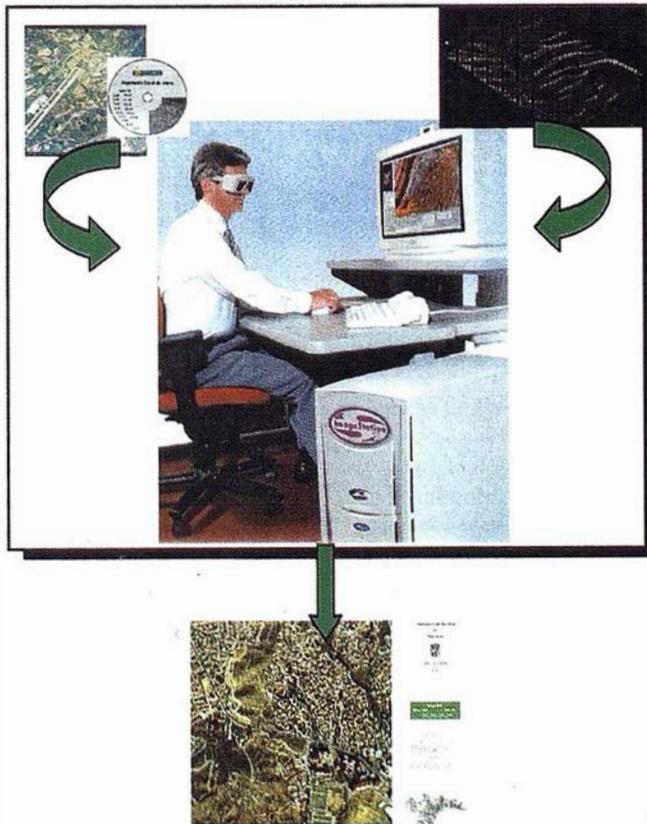
Este proceso se repite por todo el ámbito del modelo. De esta manera se obtienen como 10 veces más de puntos que los que finalmente se almacenarán como producto. A partir de estos puntos se **interpola** una superficie del terreno por métodos matemáticos, y a partir de ella se deriva la cuadrícula de puntos final.

Pero hay que comprobar la bondad del proceso mediante una edición de toda la cuadrícula, chequeando y corrigiendo los puntos erróneos. Para ello utilizamos la propiedad de superposición de las estaciones digitales que nos permiten ver en estereoscopia, superpuestos, la malla de puntos y el



Programa de realización MDT

Figura 10



Flujo de realización de ortofoto digital

Figura 11

modelo estereoscópico. Mediante un barrido sistemático por un operador con experiencia se realiza un chequeo y corrección de la totalidad del modelo.

Como vemos el proceso es más rápido, al obtenerse muchos más puntos por modelo es más robusto, redundante, y finalmente si se realiza el proceso de edición y control, también es más preciso.

2.9. Ortofoto Digital

La ortofoto digital se genera a partir de los productos anteriores: imagen digital, parámetros de orientación y modelo digital del terreno.

En este proceso vamos a pasar de una imagen digital a otra, o lo que es lo mismo de una cuadrícula rígida de píxeles a otra, que no pueden ser deformadas. Para ello utilizamos una transformación inversa especial de manera que a cada pixel de la ortofoto, le vamos a asignar el valor de la escala de grises en la proyección fotográfica que le corresponda.

De esta manera hemos obtenido una ortoimagen digital que puede ser visualizada y manipulada en un ordenador, aplicarle técnicas de tratamiento de imágenes, o bien incluirlas en un SIG (Sistema de Información Geográfica) como una capa de tipo ráster.

Las salidas gráficas se pueden generar con distintos tipos de dispositivos y resolución, como impresoras láser o inyección de tintas, plotters o bien en filmadoras láser. También se pueden realizar tiradas por imprenta.

La principal ventaja de la ortofoto digital es su propia manipulación informatizada, ampliación, reducción, almacenamiento, generalización a otras escalas e impresión digital por gran diversidad de dispositivos.

Este producto se puede considerar como un producto alternativo a la cartografía vectorial o bien, lo que es más coherente, como una capa más de información en un sistema gráfico o un sistema de información geográfica.

Con la ventaja adicional de tener un modelo digital del terreno asociado de manera que al desplazarnos sobre la ortofoto podemos digitalizar elementos en dos, o bien en tres dimensiones.

2.10. Sistemas de Información Geográfica

La definición más simple de Sistema de Información Geográfica es la de un sistema de información aplicado a datos gráficos y alfanuméricos relacionados, entendiendo como sistema de información una serie de procesos que producen determinada información que permitirá la toma de decisiones.

Un SIG maneja tanto datos gráficos georeferenciados, como datos alfanuméricos, relacionados entre sí, permitiendo realizar operaciones de análisis espacial.

Un SIG es algo más complejo que un simple programa de ordenador., es un sistema compuesto por ordenadores, programas y procedimientos diseñados para realizar la captura, manejo, manipulación y análisis de datos espacialmente referenciados que van a ser utilizados en planificación y en toma de decisiones.

La importancia que están tomando estos sistemas se debe a que son una herramienta fundamental de trabajo para todos los profesionales que requieran realizar análisis espacial.

La creación de una base de datos espacial, se realiza en varias etapas. Las principales son:

- Entrada de datos gráficos: cartografía parcelaria
- Entrada de atributos: propietarios y características de la parcela
- Conexión de los datos espaciales y atributos

Entre la entrada de datos gráficos y atributos, y la conexión final de ellos formando la base de datos espacial, se pueden seguir diferentes caminos.

En el primer paso que identificar las características que queremos contemplar en nuestra base de datos espacial, que son las que definen el proble-

ma objeto de estudio. Estas son las capas temáticas que necesitamos crear, su tipo (puntual, poligonal, superficial) y los atributos asociados que definirán cada entidad representada en ellas.

A continuación generamos la base de datos gráfica a partir de cartografía existente por digitalización o vectorización, o bien realizando cartografía nueva mediante uno de los métodos fotogramétricos, restitución u ortofotografía. Sobre esta cartografía se realizará el volcado de la información temática.

Los datos temáticos que configurarán las distintas coberturas de un SIG provienen de:

- investigación de campo, como en el caso de parcelarios de catastro, concentración parcelaria, redes de servicios.

- fotointerpretación por especialistas, como en el caso de recursos naturales, mapas de cultivos, geológicos, etc, complementados con muestras de campo de verificación.

- otro tipo de fuentes como los datos administrativos (límites nacionales, autonómicos, terminos municipales, parques naturales, delimitaciones suelo urbano, rústico etc).

El volcado de información a la cartografía gráfica o numérica, es una de las fases más delicadas de todo el proceso.

La ortofotografía tiene la misma información que la fotografía, por lo tanto esta totalmente sin clasificar. En este caso se denomina retintar a la fase de volcado de información. A continuación habría que proceder a digitalizar

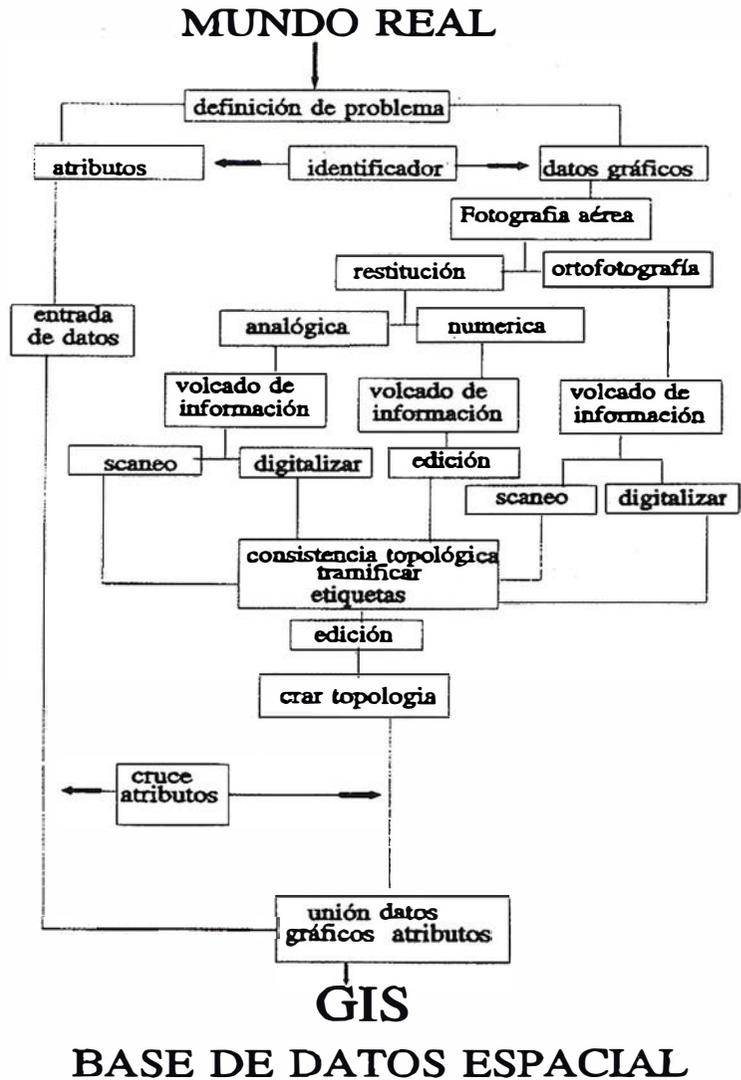
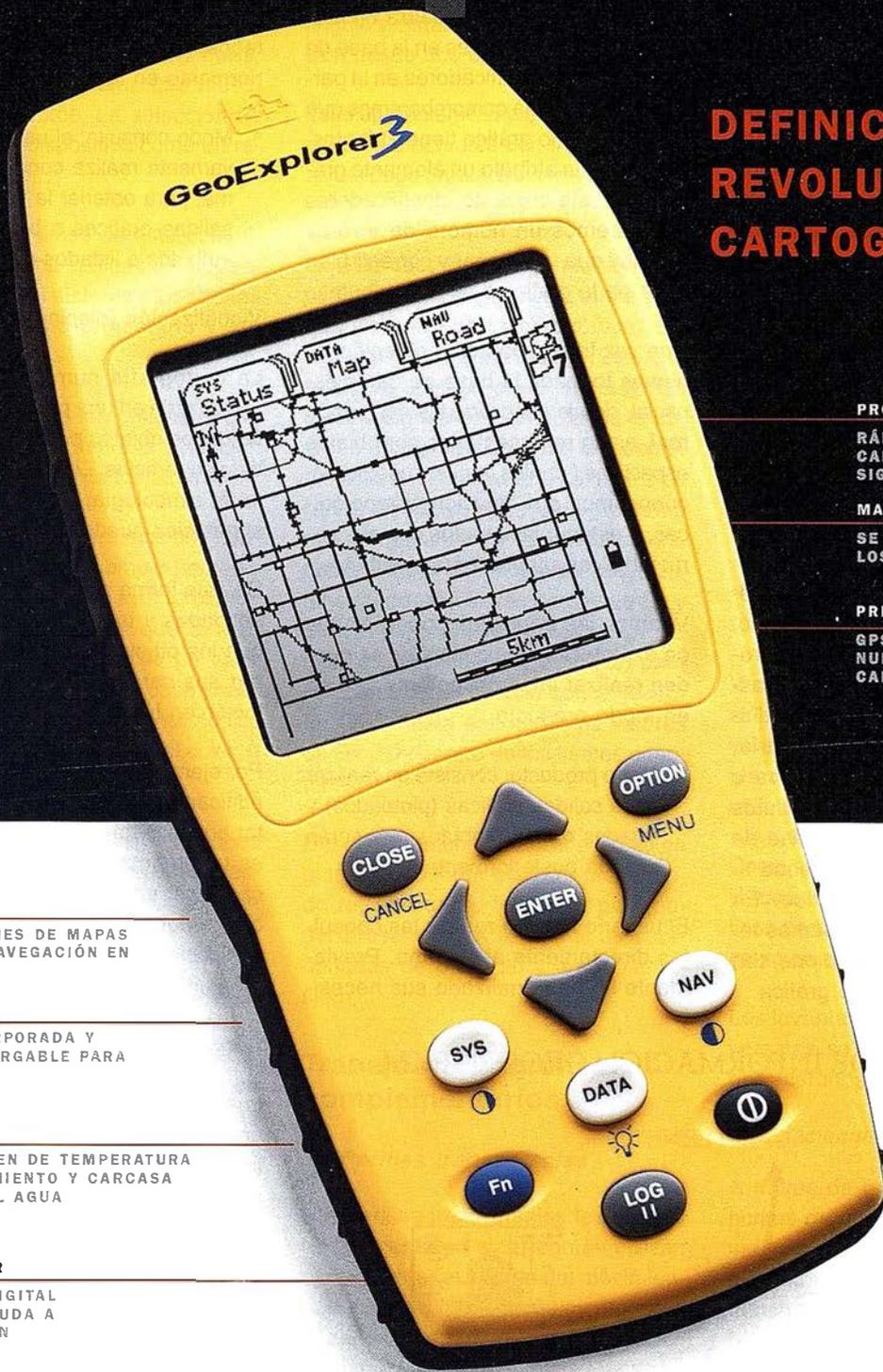


Figura 12

GeoExplorer 3



DEFINICION DE LA REVOLUCION EN CARTOGRAFIA GPS

PRODUCTIVIDAD

RÁPIDA Y FÁCIL
CAPTACIÓN DE DATOS
SIG

MANTENIMIENTO DE LOS DATOS

SE ACTUALIZAN FÁCILMENTE
LOS DATOS SIG EXISTENTES

PRECISION EN TIEMPO REAL

GPS DIFERENCIAL UTILIZANDO
NUESTRO RECEPTOR BoB[®] SIN
CABLE

GRAFICO

PRESENTACIONES DE MAPAS
Y DATOS DE NAVEGACIÓN EN
TIEMPO REAL

PORTATIL

ANTENA INCORPORADA Y
BATERÍA RECARGABLE PARA
TODO EL DÍA

ROBUSTO

AMPLIO MARGEN DE TEMPERATURA
DE FUNCIONAMIENTO Y CARCASA
RESISTENTE AL AGUA

FACIL DE USAR

SU BRÚJULA DIGITAL
INTEGRADA AYUDA A
LA NAVEGACIÓN

A veces, los grandes avances se presentan en paquetes pequeños. Le presentamos el GeoExplorer 3, el sistema GPS portátil más versátil para la captación y mantenimiento de datos SIG que jamás se haya desarrollado. Con él podrá trazar mapas de puntos, líneas, áreas, y sus atributos con tanta rapidez como pueda. • Combínelo con nuestro nuevo receptor de corrección diferencial, el Beacon-on-a-Belt (BoB[®]) ("Radiofaro en el cinturón") y obtendrá un sistema diferencial GPS capaz de relocalizar, verificar y actualizar sus datos SIG. • Así pues, tanto si usted está confeccionando un mapa de recursos naturales o manteniendo una base de datos de bienes urbanos, el GeoExplorer 3 revolucionará la forma en que realiza su trabajo.

 **Trimble**
ADDING VALUE TO GPS

Trimble Navigation Iberica S.L
Via de las Dos Castillas No 33
ATICA Edificio de Alarcon
Madrid, Spain
Tel: +34 91 351 01 00
Fax: +34 91 351 34 43

www.trimble.com/sales/spain.htm

 **SANTIAGO
& CINTRA**

Santiago & Cintra Ibérica, S.A
C/ José Echegaray, 4
P.A.E Casablana B5
28100 Alcobendas (Madrid)
Telf: +34 902 12 08 70
Fax: +34 902 12 08 71

o bien a escanear y vectorizar. Con ortofotografía digital, tenemos dos capas de información tipo raster, una la definida por la imagen que puede ser clasificada, y otra por el modelo digital del terreno asociado. El paso siguiente consiste en dotar a la información gráfica de consistencia topológica, tramificando y comprobando las etiquetas. Este es un proceso iterativo hasta que el nivel de errores de arcos colgantes, y etiquetas es cero.

Ahora ya podemos crear la topología de puntos, líneas o superficies, almacenado las relaciones entre los elementos en una tabla, e identificándolos con un identificador que lo relacionará con los atributos.

Los atributos son datos que se pueden obtener por trabajos de campo, como nombres de propietario, de registros oficiales como datos catastrales existentes, de bases estadísticas como población, pluviometría, caudales, de información técnica o estudios anteriores. Estos atributos hay que introducirlos en la base de datos bien via teclado, o leyendo ficheros en soporte magnético. En cualquiera de los casos debemos tener un campo que se relacione con el identificador de la parte gráfica.

Para comprobar que existe una equivalencia biunívoca, se realiza un cruce de los identificadores en la base de datos con los identificadores en la parte gráfica. De esta comprobaremos que cada elemento gráfico tiene atributos, y que a cada atributo un elemento gráfico. De este cruce de identificadores obtendremos un número de errores que hay que solucionar y corregir bien en la parte gráfica o en los atributos.

Una vez finalizada esta operación tenemos formada la base de datos espacial, donde las entidades del mundo real, están representadas por objetos espaciales (puntos, arcos, superficies), conocemos sus relaciones topológicas, y están relacionados con sus características alfanuméricas (atributos).

Veamos las principales operaciones de explotación: las consultas se pueden realizar interactivamente, o bien en modo producto.

- Modo producto: consiste en realizar unas salidas gráficas (ploteados) y listados de los atributos que serán usados posteriormente.

El usuario final no realiza las consultas directamente al sistema. Previamente se han analizado sus necesi-

dades y en un primer momento se producen la documentación (mapas y listados) para que sean usados posteriormente en toma de decisiones.

- Modo consulta: el usuario interactivamente realiza consultas al sistema, para obtener la visualización o salidas gráficas o bien valores de atributos o listados de los mismos.

Visualización (display):

La cartografía numérica puede ser visualizada en una pantalla, representando los objetos por puntos, líneas o bien superficies. Los primeros pueden tener simbología, ancho y color y las superficies pueden ser sombreadas.

De esta forma podemos visualizar las entidades y también los atributos, ya que los objetos (P+L+S), pueden variar sus características de representación en función de los atributos.

Por ejemplo si dentro de las capas de edificaciones, nos interesa representar aquellas que sean urbanas, y este es un atributo de las entidades edificaciones, entonces se pueden seleccionar por medio de este atributo las edificaciones que son urbanas, y presentarlas en pantalla.

Consultas de los atributos (query):

Los atributos están organizados en una base de datos, que permite su entrada, modificación, mantenimiento, y salida de datos.

Bases de datos convencionales pueden ser DBase, Oracle, etc.

Las consultas típicas a la base de datos espacial (query), que implican la relación entre la cartografía numérica y los atributos, son:

- 1.- ¿ dónde está el objeto A ? : identificando una entidad por un atributo, visualizarla en pantalla.

Un ejemplo puede ser identificar una parcela por el nombre del propietario, de forma que el sistema la visualice en pantalla, con otro color o rallado que la diferencie de las demás.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

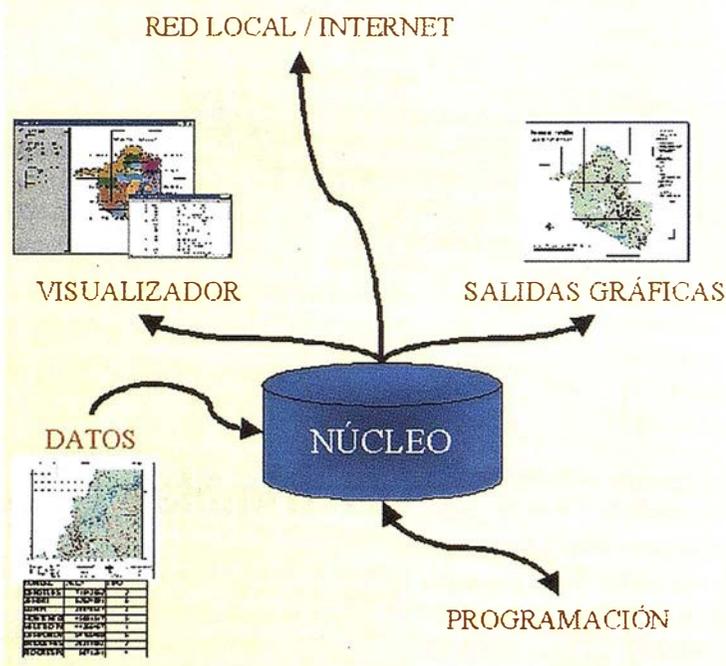


Figura 13

2.- ¿ qué es este objeto ? : es la inversa de la pregunta anterior. Seleccionando una entidad en la pantalla, se solicita del sistema que muestre sus atributos. La selección se realiza con dispositivo como un ratón, o cursor.

Un ejemplo típico de esta consulta es picar una edificación en pantalla, y que el sistema muestre los atributos como propietario y superficie.

3.- visualizar todas las entidades que satisfagan un criterio: la condición se forma a partir de los atributos.

En este caso construimos una condición, como por ejemplo parcelas que pertenezcan al ayuntamiento, que sean urbanas, y que tengan una superficie mayor de un valor determinado, el sistema debe visualizarlas en pantalla, diferenciándolas de las demás cambiando el color, o el tipo de rallado.

4.- consultas que implican relaciones entre los objetos: normalmente estas relaciones deben ser calculadas.

Ejemplos de este tipo de consulta pueden ser, mostrar las parcelas colindantes a una determinada, o bien la carretera más próxima a un determinado punto.

2.11. Replanteo en campo

El replanteo del proyecto al terreno se realiza por métodos topográficos a partir de las bases de replanteo. Estas son una densificación de la red básica materializada sobre el terreno, de manera que dominen la zona a replantear y se encuentren fuera de la misma para no ser eliminadas en la fase de construcción.

Para proceder al replanteo se necesita conocer las coordenadas de la geometría a trasladar del proyecto al terreno y lógicamente las de las bases de replanteo.

Mediante estaciones totales se puede emplear el método de replanteo

por coordenadas polares, es decir ángulo y distancia, o bien por intersección desde dos bases próximas.

Esta operación también está comenzando a efectuarse con frecuencia en zonas poco arboladas a través del sistema GPS.

En este caso las coordenadas de los puntos por implantar están almacenadas en una libreta electrónica, conectada con el receptor GPS. Éste, por su parte, también envía a una libreta electrónica las coordenadas de la posición donde se encuentra el receptor móvil en un determinado momento. La libreta electrónica posee un programa que compara las coordenadas obtenidas por el GPS con las del proyecto, mostrando los valores de desvío D_x y D_y . El conocimiento de esa información le es suficiente al operador para colocarse en el terreno con el receptor GPS hasta encontrar los valores de D_x y D_y dentro de los límites aceptables.

Después, para materializar el punto en el terreno, deberá efectuar un segundo registro de su Posición, para poder presentar una lista final de coordenadas de proyecto y de implantación.

Trabajos topográficos complementarios

1.- Perfiles transversales

Los perfiles transversales levantados directamente en el terreno se utilizan para efectuar el cálculo del movimiento de tierras, fundamentalmente en el trazado de caminos y establecimiento de estructuras singulares.

Los perfiles realizados directamente en campo son más precisos que derivados de un modelo digital del terreno por restitución fotogramétrica, sobre todo en zonas arboladas y fundamentalmente bajo cubiertas vegetales, que no permiten ver directamente el terreno.

En las zonas que no tienen vegetación, los perfiles obtenidos de la restitución fotogramétrica a escala apropiada y los levantados en el terreno

no presentan diferencias que justifiquen una duplicidad de trabajos.

Los perfiles transversales se levantan en campo fundamentalmente a estas dos razones:

a) El movimiento de tierras en una carretera podrá alcanzar el 30% o más de su costo total. Por eso, el costo de los perfiles transversales aun siendo caro, es insignificante frente al valor global de la obra

b) El levantamiento de los perfiles transversales es una buena forma de verificación de la cartografía, pues la simple superposición nos muestra las diferencias existentes.

• *Sistemas de levantamiento de los perfiles transversales*

Varios procesos se pueden utilizar para el levantamiento de los perfiles transversales, dependiendo la precisión en gran parte del tipo de equipo que se utiliza.

Como su propio nombre indica, 'el perfil transversal' está constituido por una línea perpendicular al azimut de la tangente en el punto del eje considerado.

Los levantamientos de perfiles transversales se pueden realizar por varios métodos:

a) *Estacionamiento en el eje.*

A través de las coordenadas de los puntos del eje se determina del mismo y se orienta (el teodolito o la estación total). Simplemente girando el instrumento 100 grados determinamos la dirección perpendicular al mismo.

Sobre esa alineación se deberán levantar los puntos representativos de las discontinuidades del terreno. La longitud que hay que considerar en los perfiles transversales dependen de la anchura de la carretera, de la altura de los taludes, etc.

b) *A partir de las bases de replanteo.*

Cuando se efectúa el replanteo, se podrá ejecutar el levantamiento del perfil transversal.

Cuando se calculan las coordenadas de los puntos del eje para el replanteo, se calculan dos puntos más, uno cada lado del eje, por ejemplo a 25 m.

Al clavar la estaca del eje se señala con una banderola o jalón (no recuperables), enseguida se señala la posición de los puntos laterales auxiliares, fijando tres banderolas formando una alineación, cuyo azimut es perpendicular al azimut de la tangente.

El topógrafo situará el jalón sobre los puntos a levantar en la alineación descrita.

1.2 - Equipos

Teodolitos con mira o distanciómetro, estación total o un nivel con limbo horizontal, si el terreno es plano o poco accidentado.

Se recomienda la utilización de una estación total, porque además de la precisión, las libretas electrónicas con las que está conectada para el registro de los datos, poseen un programa específico para el levantamiento, tratamiento y transmisión de los datos de los perfiles transversales no siendo necesarios grandes trabajos de preparación en gabinete.



Figura 14

El levantamiento de los perfiles transversales también podrá efectuarse con GPS, siendo el proceso análogo al descrito en el apartado anteriormente para el replanteo, pero teniendo especial cuidado con el conocimiento del geoide local.

1.3-Levantamientos diversos

a) Levantamientos Parciales a escala 1/1000 o 1/2000 en caso de que la

cartografía ejecutada deje sin restituir zonas por falta de recubrimiento del vuelo o bien por estar recubiertas de arbolado denso. Revisión y actualización de la cartografía.

- b) Levantamientos a escalas 1/200 o 1/500 para situación de estructuras singulares, obras de paso o drenaje, estructuras o túneles.
- c) Levantamiento de perfiles longitudinales y transversales en las zonas en que haya de actuarse en las conexiones de vías, a los efectos del proyecto de las intersecciones o enlaces.
- d) Nivelación del perfil longitudinal en cada punto replanteado y estaquillado, así como de los puntos singulares.
- e) Representación en los planos de los servicios afectados, a fin de estudiar su modificación si es preciso. Asimismo, se obtendrán las coordenadas de las edificaciones o cualquier elemento próximo al trazado que pueda afectar a éste.
- f)
- g) Obtención, mediante coordenadas de puntos de su eje, de las alineaciones en planta y alzado de las carreteras, caminos u otras infraestructuras con las que se conecte o cruce.

Estos trabajos se realizarán a partir de las bases de replanteo. Si, por cualquier motivo (falta de visibilidad u otro), fuese necesario radiar una estación auxiliar, ésta se situará de tal forma que tenga comprobación, por lo menos desde otra base de replanteo.

Los levantamientos descritos deberán presentarse en salidas gráficas por plotter y en fichero digital con formato gráfico a definir (ASCII, DWG, DXF, DGN, XYZ, etc.), con la información debidamente estructurada por capas, colores, tipos de línea, etc.

- LAS APLICACIONES

Como vemos el sistema GPS tiene gran utilidad no solamente en redes geodésicas sino también en el resto de los trabajos topográficos como ba-

ses de replanteo, replanteo y levantamientos auxiliares.

En un proyecto de levantamiento fotogramétrico se generan varios productos en las distintas fases de que se compone. Aunque el objetivo final pueda ser la obtención de cartografía analítica, ortofoto digital o un sistema de información geográfica, estos subproductos como son las fotografías aéreas, imágenes digitales u orientación de las mismas pueden ser muy interesantes como veremos a continuación.

El vuelo fotogramétrico y sus productos, como son los negativos, diapositivas y fotografías aéreas, aparte de su uso en el resto del proceso cartográfico, tiene el valor de reflejar el estado del terreno en ese momento ya que posiblemente después será transformado. Su uso es muy interesante para fotointerpretación y por supuesto es interdisciplinar ya que puede ser utilizado para otras aplicaciones distintas al proyecto que nos ocupa.

Las redes topográficas establecen un sistema propio de referencia que queda materializado sobre el terreno para garantizar que cualquier actuación posterior sobre la zona será realizada en el mismo sistema. Especialmente importante es garantizar el replanteo posterior del proyecto para materializarlo sobre el terreno.

Las fotografías aéreas escaneadas y por tanto imágenes digitales, tienen la misma utilidad que las analógicas, pero se facilita su reproducción por laboratorios digitales, su archivo y almacenamiento, y su explotación y análisis por medio de computadoras.

Una vez realizada la fase de orientación por medio de la aerotriangulación o sistemas inerciales, se posibilita la realización de la observación estereoscópica de los modelos fotogramétricos digitales en una pantalla de ordenador con un sistema de observación apropiado. De esta manera si se tiene un equipo informático con capacidad estereoscópica y gran capacidad de almacenamiento, un téc-

con **Proyección** mundial

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

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

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

Bocangel, 28 1º. 28028 Madrid

Tel: 91 726 25 09 · Fax: 91 725 78 08

e-mail: azimut@ctv.es



nico que esté trabajando sobre la zona puede tener en su despacho, todo el territorio en visión estereoscópica y pudiendo digitalizar directamente sobre éste, lo que supone que el especialista puede fotointerpretar en pantalla y directamente georreferenciar la información. Esta operación estaba limitada antes a empresas especializadas con equipamiento muy caro.

A continuación podemos generar cartografía analítica que contempla planimetría y altimetría o bien solamente modelos digitales del terreno.

Las ventajas de la cartografía analítica se pueden resumir en

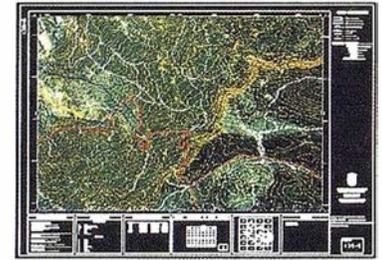
- Manejo de la cartografía:
 - ampliación y reducción
 - actualización
 - automatización de dibujo
- Modelos digitales de terreno:
 - proyecto de zonas regables
 - diseño y trazado de carreteras, FFCC, canales
 - perfiles longitudinales y transversales
 - cubicaciones
 - mapas de pendientes
 - para generación de ortofotos digitales

En planes sistemáticos la obtención de ortofotos de un territorio es uno de los productos básicos necesarios para la generación de las mismas.

- Sistemas de información geográfica: si sobre la cartografía analítica volcamos información temática (parcelarios, suelos, etc.), la depuramos topológicamente la información y la conectamos a una base



Fotografía aérea



Ortofoto

Figura 16

de datos podemos explotar la información gráfica relacionada con una base de datos alfanumérica.

Una capa más de un sistema CAD o SIGE es la ortofotografía digital. Esta es la imagen fotográfica cambiada de proyección, georreferenciada y mosaicada para tener el mismo formato que las hojas de la cartografía.

Es muy interesante para muchas aplicaciones el uso de la imagen fotográfica del terreno sin fotointerpretar, de manera que los especialistas en las distintas disciplinas extraigan la información que interese.

El problema que nos encontramos es que la fotografía no se puede relacionar con los mapas, ya que no está georreferenciada, no tiene el mismo formato, y fundamentalmente debido a que tiene deformaciones ya que no es una proyección ortogonal del terreno como los mapas. Como sabemos la fotografía es una proyección cónica del terreno en la que el centro perspectivo es el centro de proyección.

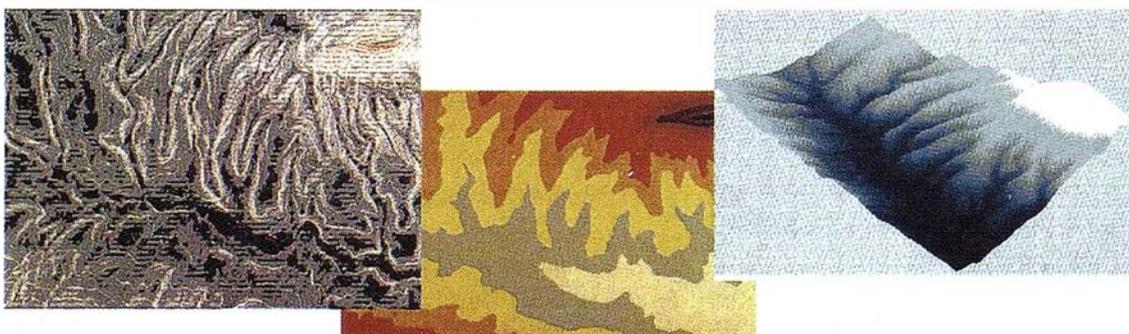
- Ortoproyección: corrige los errores de inclinación del eje de toma y relieve de terreno en pequeñas unidades geométricas de la fotografía

original, que perfectamente ensambladas resultan una imagen fotográfica métrica del terreno.

El único método riguroso de obtención de fotomapas es la ortoproyección. Y mediante técnicas digitales, obtendríamos la ORTOFOTO DIGITAL, con las características ya definidas pero que además tiene la ventaja de ser una imagen digital del terreno.

Las características de estos fotomapas son las siguientes:

- 1.- La velocidad de producción es bastante rápida, ya que la extracción de información no es selectiva. Esperamos por lo tanto una reducción de costo y plazos.
- 2.- Todos los detalles fotográficos aparecen en la hoja del mapa. Esto puede confundir al usuario del mapa ya que la información no se encuentra clasificada por medio de signos convencionales, pero por otro lado ésta puede ser una ventaja para usuarios con experiencia ya que en el fotomapa aparece toda la riqueza informativa de la fotografía. De esta forma el fotomapa podría enfocarse a la fotointerpretación en campos específicos.



Cartografía 3D, MDT y MDE

Figura 15

- 3.- La precisión planimétrica del fotomapa dependerá de las correcciones de las deformaciones de la imagen fotográfica, que se hayan aplicado.
- 4.- La claridad del mapa dependerá de la naturaleza del terreno y de la calidad del proceso fotográfico.
- 5.- Para realizar hojas de mapa es necesario añadir a la imagen fotográfica la cuadrícula, carátula, puntos de apoyo y revisión de campo.



Las nuevas técnicas de posicionamiento GPS tienen gran aplicación en todos los trabajos geodésicos y topográficos necesarios para zonas regables. Las principales ventajas son la precisión y productividad.

La fotogrametría digital resulta de gran utilidad en **procesos automáticos**. En cambio su aplicación en técnicas manuales de captura de datos como la restitución, no es tan ventajosa.

La segunda es la **integración de procesos** en un flujo de trabajo digital si queremos optimizar la producción. Ya no son procesos independientes sino que todos se podrían realizar desde la misma estación de trabajo, o en varias de ellas conectadas en red.

Como resultado de este flujo de trabajo se obtienen cinco **productos** que cada uno de ellos independientemente tiene su utilidad. El vuelo fotogramétrico con GPS, la fotografía digital, los parámetros de orientación asociados a cada fotograma, que nos permiten representar el modelo estereoscópico en cualquier estación digital, el modelo digital del terreno, y finalmente la ortofoto digital.

Las técnicas que hemos estudiado son aplicables además de a fotografías aéreas tomadas con cámaras aéreas métricas, a imágenes captadas por cámaras terrestres, por **sensores** aereotransportados o por satélite, ya que no existen limitaciones mecánicas y que solo se trata de modelizar la geometría por software.

Una técnica sustituye a otra anterior si es más precisa, rápida y económica, es por esto que la fotogrametría digital representa una revolución. Posiblemente las palabras que más se hayan utilizado en este escrito son: robustez y precisión de resultados, automatización, rapidez y reducción de costos.



H.G. Jerie (1958): Block adjustment by means of analogue computers. *Photogrammetria*, 14 (1957/58) 4, p. 161-176.

H.G. Jerie (1961): Theoretical study on the use of auxiliary instruments in the aerial triangulations. *Boll. Di Geod. Sc. Aff.* 20,3 (1961), p. 472-484.

H.G. Jerie (1961): The application of block adjustment by means of analogue computers to analytical aerial triangulation. *Boll. Di Geod. Sc. Aff.* 20, 1961.

H.G. Jerie (1962): Analogue computer for calculating and adjusting trilateration nets. *Emp. Survey Review* Vo.. XVI, no. 126.

H.G. Jerie (1964): Theoretical precision of aerial triangulation with the use of auxiliary data. *Photogrammetria*, 19 (1963/64), p. 348-353.

H.G. Jerie (1964): A simplified method of block adjustment of heights. *Photogrammetria*, 19, (1962-64), p. 450-456.

H.G. Jerie (1964): Height precision after block adjustment. *Photogrammetria*, 19, (1962-64), 7, p. 500-504.

H.G. Jerie (1964): Height precision after block adjustment. ITC Publication, Serie A, No. 24, 1964, 21 p.

H.G. Jerie and J. Kure (1964): Data analysis and report on an investigation of A.P.R. to photogrammetric mapping. ITC Publication, Serie A, No. 25/26, 1964, 80 p.

H.G. Jerie (1968): Theoretical height accuracy of strip and block triangulation with and without use of auxiliary data. *Photogrammetria*, 23, (1968), p. 19-44.

H.G. Jerie (1968): Techniques, evaluation and applications of auxiliary data in aerial triangulation. ISPRS Congress Lausanne. *Int. Arch. Phot.*, Vol. XVII, part 3, (Inv. Paper Comm. III).

H.G. Jerie (1968): An approximate graphical height block adjustment procedure using auxiliary data. ISPRS Congress Lausanne. *Int. Arch. Phot.*, Vol. XVII, 8, 12 p.

H.G. Jerie (1969): Accuracy of aerial triangulation. ITC Publication, Serie A, 47, (1969), p. 77-79.

F. Ackermann (1988): Combined adjustment of airborne navigation data and photogrammetric blocks. ISPRS congress Kyoto. *Int. Arch. Phot.*, Vol. 27, B 8, p. III 11-23.

F. Ackermann (1990): Kinematic GPS camera positioning for aerial triangulation. *Proceedings Second International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System*, Ottawa, 1990, p. 1156-1168.

I. Colomina (1989): Combined block adjustment of photogrammetric and GPS data. *Proceedings, 42nd Photogrammetric Week*, Stuttgart, p. 313-325.

E. Dorrer, E. Schwietz (1990): Kinematic GPS and aerial triangulation, a comparative study. *Proceedings, ISPRS Comm. III Symp. Wuhan*, 24 p.

P. Friess (1986): A simulation study on the improvement of aerial triangulation by navigation data. ISPRS Comm. III Symp. Rovaniemi, *Int. Arch. Phot.*, Vol. 26-3/1, p. 269-283.

P. Friess (1990): Kinematic GPS positioning for aerial photogrammetry – empirical results. *Proceedings, Second International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System*, Ottawa, 1990, p. 1169-1184.

Institute of Navigation (1980, 1984, 1986): *Global positioning system*. Papers published in *Navigation, Journal of the Institute of Navigation*, Vol. 1-3, Washington.

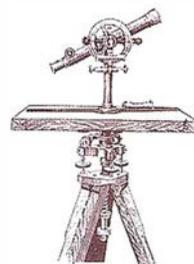
- T. Jacob, G. Schaenzer (1990): Integrated navigation system for aircraft using differential GPS and inertial measurement sensors. Proceedings, Int. Symp. On Kinematic systems in Geodesy, Surveying and Remote Sensing, Banff, Canada.
- W.B. Krabill, C.F. Martin (1987): Aircraft positioning using global positioning system phase data. *Navigation, Journal of the Institute of Navigation*, Vol. 34, 1, 21 p.
- J.R. Lucas (1987): Aerotriangulation without ground control. *Phot. Eng. And Rem. Sensing*, Vol. 53, 1987, p. 311-314.
- B.W. Remondi (1985): Global positioning system carrier phase: description and use. *Bull. Geod.*, 59, p. 361-377.
- J.W. Van der Vegt, et al. (1988): Utilization of GPS in large scale photogrammetry. *ISPRS Congress Kyoto, Int. Arch. Phot.*, Vol. 27-B 11, p. 413-429.
- J.E. Wells, et al. (1986): Guide to GPS positioning. Canadian GPS Associates, Fredericton N.B., Canada.
- Ackermann, F., Krzystek, P. 1997. Complete Automation of Digital Aerial Triangulation. *Photogrammetric Record*, 15 (89), pp 645-656.
- Ackermann, F. 1996. Photogrammetry today. *ITC Journal* 1996-3/4, pp. 230-237.
- Ackermann, F. 1995. Digitale Photogrammetrie – Ein Paradigma-Sprung. *ZPF* 3/1995, pp. 106-115.
- Ackermann, F., Tsingas, V. 1994. Automatic Digital Aerial Triangulation. Proceedings ASPRS/ACSM Annual Convention, Reno 1994, pp. 1-12.
- Förstner, W. 1982. On the Geometric Precision of Digital correlation. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Helsinki, III, pp. 176-189.
- Hartfiel, P. 1997. Higher Performance with automated Aerial Triangulation. *Photogrammetric Week'95*. Wichmann Verlag, pp. 109-113.
- Heuchel, T., Krzystek, P., Hirt, U., Petran, F., 1996. Automatic Aerial Triangulation – Integrating Automatic Point Selection, Point Transfer and Block Adjustment. ASPRS/ACSM Annual Convention, Baltimore.
- Krzystek, P., Heuchel, T., Hirt, U., Petran, F., 1996. An Integral Approach to Automatic Aerial Triangulation and Automatic DEM Generation. *Int. Arch. Of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 31, Part B3, Commission III, ISPRS 18 th Congress, Vienna, Austria, pp. 475-480.
- Krzystek, P., Heuchel, T., Hirt, U., Petran, F., 1995. A New Concept for Automatic Digital Aerial Triangulation. *Photogrammetric Week'95*. Wichmann Verlag, pp. 215-223.
- Mass, H.-G. 1996. Automatic DEM generation by multi-image feature-based matching. *Int. Arch. Of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 31, Part B3, Commission III, ISPRS 18 th Congress, Vienna, Austria, pp. 475-480.
- Mayr, W., 1996. Aspect of Automatic Aerotriangulation. *Photogrammetric Week'95*. Wichman Verlag, pp. 225-234.
- Schenk, T., Toth, C., 1993. Towards an Automated Aerial Triangulation System. ASPRS/ACSM Annual Convention, Reno.
- Toth, C., Krupnik, A., 1994. Concept, Implementation and Results of an Automated Aerial Triangulation System. ASPRS/ACSM Annual Convention, pp. 644-651. Reno.
- Tang, L, Braun, J., Debitsch, R. 1997. Automatic aerotriangulation – concept, realization and results. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 52, pp. 122-131.
- Tang, L., Heipke, Ch. 1994. An Approach for Automatic Relative Orientation. *Proc. Optical 3-D Measurement Techniques II*, Wichmann Verlag, pp. 347-354.
- Ackermann F., Krzystek P. (1991): MATCH-T: Automatic Mensuration of Digital Elevation Models. Proceedings of Technical Seminar of the Sociedad Española de Cartografía Fotogrametría y Teledetección. Barcelona, April 12th, 1991, pp. 67-73.
- Ackermann F., Tsingas V. (1994): Automatic Digital Aerial Triangulation. ASPRS/ACSM Annual Convention. Reno. Nevada, April 25-28, 1994, pp. 1-12.
- Ackermann F., (1994): Photogrammetric Deformation Measurement Techniques. Proceedings International Symposium on Deformation Measurements, Istanbul, 1994, in print.
- Eide O. R., Mardal L. (1993): Digital Fotogrammetric, Test av Intergraph's Image Station. Diploma Thesis, As, Norway, May, 1993. Unpublished.
- Jaakola, J., Orava E. (1994): The effect of pixel size and compression on metric quality of digital aerial images. *Spatial Information from Digital Photogrammetry and Computer Vision*, ISPRS Commission III Symposium, Munich, September 5-9, 1994, pp. 409-416.
- Krzysstek P., Wild D. (1992): Experimental accuracy analysis of automatically measured Digital Terrain Models. *Robust Computer Vision: Quality of Vision Algorithms*. In Förstner/ Ruwedel (ed), Wichman Verlag, Karlsruhe, 1992, pp. 372-390.
- Madani, M. (1988): Technical report on the use of Rational Functions on Intergraph's InterMap Analytic (IMA). Huntsville, Alabama, March 15, 1988. Unpublished.
- Torlegard, K., Oestman A., Lindgren R. (1984): A Comparative Test of Photogrammetrically Sampled Digital Elevation Models. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. ISPRS Commission III Congress, Rio de Janeiro, 1984, pp. 1065-1071.
- Toth C. (1994): Image Compression in Photogrammetric Practice – An Overview. Proceedings: Mapping and Remote Sensing Tools for the 21 st Century. Washington, D.C. August 26-29, 1994, pp. 70-79.

Análisis multicriterio para la selección de emplazamientos de vertederos de residuos sólidos en el entorno de Valladolid

Roberto Martínez.-Alegría (*), Javier Taboada (**),
Celestino Ordóñez (**), José M^a Lanaja (**)

(*) Protección civil. Delegación del Gobierno de Castilla y León.

(**) Dpto. de Ingeniería de los Recursos Naturales y Medioambiente.



RESUMEN

Los sistemas de información geográfica (S.I.G.) constituyen una valiosa herramienta de apoyo a la toma de decisiones en gran número de problemas, incluidos los medioambientales, que tanto interés despiertan en la actualidad.

En este trabajo se estudia la posible ubicación de un vertedero de residuos sólidos urbanos (RSU), atendiendo a un conjunto de criterios relacionados todos ellos con información georreferenciada, lo cual los hace susceptibles de ser analizados en un S.I.G.; permitiendo, a través de un proceso de superposición de mapas booleanos, obtener posible zonas de emplazamiento del vertedero.

1. INTRODUCCION

El emplazamiento de instalaciones de vertido controlado de residuos genera una serie de problemáticas de diversa índole pero que básicamente se pueden agrupar en dos tipos, las sociales y las ambientales. Además, en la mayoría de los casos las problemáticas sociales se apoyan en las ambientales para rechazar determinados emplazamientos.

En este artículo se presentan los resultados de la aplicación de un método de análisis multicriterio de selección de emplazamientos para la

ubicación de un vertedero de RSU, de forma que los previsibles impactos ambientales que genera dicha instalación se vean reducidos en la medida de lo posible.

Dicho método contempla una serie de criterios de orden ambiental, representables cartográficamente, y mediante la aplicación de las potencialidades de un SIG, se ha procedido a una selección de aquellas áreas en las cuales se cumplen todas las condiciones planteadas en origen.

La zona de trabajo corresponde al entorno de la ciudad de Valladolid, hojas 372 y 343 del MTN a escala 1:50.000.

Los soportes lógicos empleados han sido la versión 2.0 de IDRISI para Windows para los análisis raster, la versión 3.4 de ARC-INFO PC para los análisis vectoriales, y la versión 5.5 de ER-MAPPER para el tratamiento y clasificación de imágenes LANDSAT.

2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTO

Para la ubicación óptima de un vertedero alternativo en término municipal de Valladolid se han contemplado los siguientes criterios:

- **Criterio de Pendiente.** A fin de evitar las posibles problemáticas de inestabilidad, difíciles y costosas de reducir una vez iniciadas, y que se

suelen desarrollar en el entorno de Valladolid en las zonas arcillosas de mayores pendientes, se ha adoptado un criterio según el cual el vertedero deberá ubicarse en áreas con pendientes inferiores a 40°. Por otro lado y debido a la facilidad constructiva de los vertederos a media ladera así como la necesidad de evacuación de pluviales, se plantea que la pendiente inferior sea superior a 4°, de forma que no se originen encharcamientos en el entorno del área de vertido.

- **Criterio Geológico.** Dada la necesidad de que el sustrato de la instalación de la instalación de vertido sea impermeable, y a fin de reducir costes de impermeabilización artificial, se adopta como criterio geológico, que esté ubicada sobre un sustrato arcilloso, siendo el más homogéneo de los presentes el que configuran las Facies Cuestas, de composición predominantemente arcillosa.
- **Criterio de distancia a carreteras.** Con objeto de reducir los costes de transporte y mantenimiento de los vehículos, se plantea que la instalación de vertido deberá estar próxima a una carretera de primer orden, pero evitando la excesiva proximidad a la misma a fin de reducir en lo posible su intervisibilidad. Por ello el criterio empleado es que la distancia a una carretera debe de estar comprendido entre 250 y 2000 m.

- **Criterio Hidrológico.** Con objeto de reducir el riesgo de potenciales contaminaciones directas e indirectas a cauces fluviales, la instalación de vertido se ubicará a una distancia no inferior a 500 m. de cualquier cauce fluvial permanente.

- **Criterio de Usos del Forestales.** Los condicionantes planteados desde el punto de vista de usos del suelo forestales han sido evitar aquellas zonas especies forestales con un marcado interés ecológico, tales como las áreas de frondosas del tipo quercíneas, o cualquier otro uso forestal de interés, en el que se incluyen los usos de pináceas de repoblación.

- **Criterio de distancias a núcleos urbanos.** Dado que este tipo de instalaciones generan un cierto rechazo social por efecto de la producción de olores, se ha planteado como condición de ubicación que esté situado a una distancia no inferior a 2000 m. de cualquier núcleo urbano.

- **Criterio de volumen de almacenamiento.** Dado que una instalación de vertido de RSU significa una inversión importante, es imprescindible que tenga una capacidad de almacenamiento suficiente para el período proyectado. Si bien la producción de RSU en los últimos años ronda las 160.000 toneladas anuales, la incorporación de los municipios de la zona central de la provincia aumentará dicha cantidad de un modo considerable, no obstante la aplicación de la nueva ley de envases y residuos a partir del año 2002 supondrá una reducción de los RSU. Por todo ello se puede adoptar como valor de proyecto de aportación anual de RSU las 200.000 toneladas. Considerando que la densidad en vertedero oscila entre 900 y 1100 Kg/m³, el volumen anual de vertido es de 200.000 m³, lo que supone unas 10.000.000 de toneladas para un período de vida útil del vertedero de 50 años. Asumiendo una altura media de 20 m, la superficie útil necesaria de vertido es del orden de las 50 Has, valor éste admitido

SELECCIÓN DE ÁREAS CON PENDIENTES ACEPTABLES

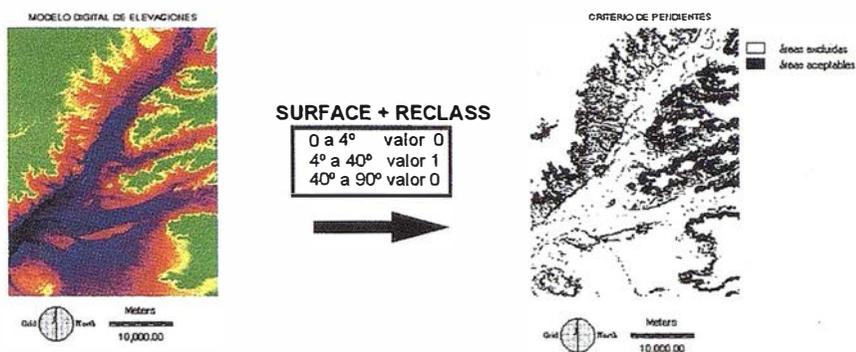


Figura 1

SELECCIÓN DE ÁREAS GEOLÓGICAS ACEPTABLES

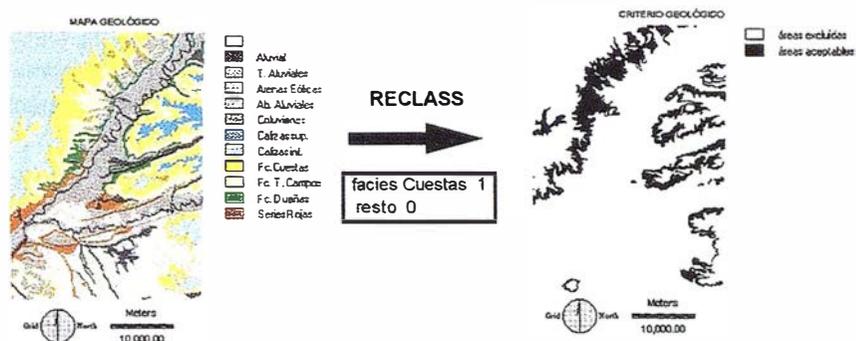


Figura 2

como mínimo de superficie, no obstante y a fin de disponer de un resguardo de superficie para la ubicación de instalaciones auxiliares, se ha considerado un umbral de 100 Has.

- **Criterio de visibilidad.** Con el objeto de reducir el impacto visual, se ha planteado como criterio último de selección aquel que presente una menor intervisibilidad .

La información digital de partida ha sido la siguiente:

- **Modelo Digital de Elevaciones (MDE)**, con una resolución espacial de (pixel) de 50 x 50 m.
- **Ventana del Mapa Geológico de Castilla y León** de la Junta de Castilla y León correspondiente al área de estudio y con las unidades geológicas diferenciadas en la serie Magna.
- **Red de carreteras**, comprendiendo la red de primer y segundo orden.
- **Red fluvial**, comprendiendo los cauces de régimen permanente.
- **Mapa de Usos del Suelo**, extrayéndose los usos urbanos, residencia-

les industriales y dotacionales, los usos forestales de pináceas, forestales de quercíneas y aquellos de interés ecológico.

4. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

El proceso de selección consiste básicamente en ir superponiéndole cartográficamente los diferentes criterios planteados hasta extraer las zonas que se adaptan a todos los condicionantes.

En primer lugar, y partiendo del MDE, se elabora un mapa de pendientes y, posteriormente, de éste se extrae como una única clase, con valor de «pixel» 1, aquellas que están comprendidas en el intervalo de 4 y 40° sexagesimales, que son las válidas a efectos de implantación (fig.1).

Partiendo del mapa geológico se han extraído todas las zonas en las que afloran los materiales arcillosos de la Serie de las Cuestas, se ha efectuado una reclasificación de dicho mapa asignándole un valor de 1 a los materiales arcillosos y 0 al resto (fig.2).

Para determinar las áreas que cumplan la condición de distancia a la red de comunicaciones viarias, se parte del mapa de carreteras de 1° y 2° orden, elaborándose en primer lugar un mapa de distancias ortogonales desde el eje. Posteriormente y sobre

SELECCIÓN DE ÁREAS A DISTANCIAS ACEPTABLES DE LOS CAUCES PERMANENTES

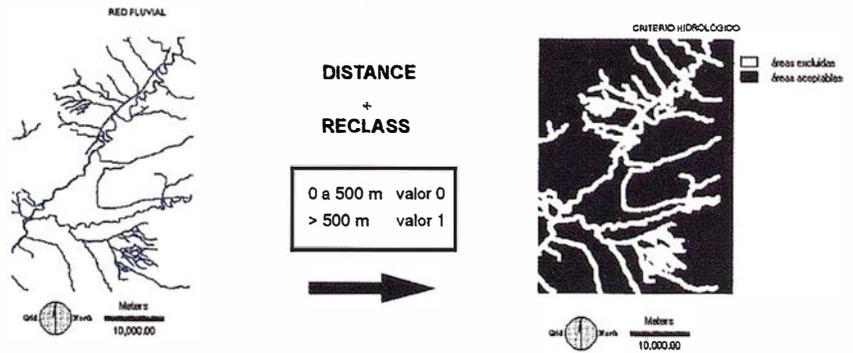


Figura 4

este mapa de distancias se efectúa una clasificación y extracción cartográfica de aquellas zonas cuyas distancias al eje estén comprendidas entre 250 y 2000 m., asignándoles un valor de 1 y 0 al resto del mapa (fig.3).

La discretización de las áreas que cumplen la condición hidráulica de distancia a cauces fluviales permanentes, se efectúa de un modo similar a la de vías de comunicación. En este caso se elabora en primer lugar un mapa de distancias ortogonales al eje teórico del río para, posterior-

mente, clasificar con valores 1 todos los pixeles que se encuentren a distancias superiores a 500 m y con los valores inferiores (fig.4).

A partir del mapa de usos del suelo se extraen los polígonos correspondientes a los usos urbanos, forestales y de especial interés ecológico, y se elaboran dos mapas, uno correspondiente a los usos urbanos, y otro a los forestales y a las zonas de especial interés ecológico, en el que se contempla los usos de repoblación forestal de pináceas, quercíneas y las zonas de especial interés ecológico.

Para la elaboración del mapa que cumpla el criterio de distancia superior a las áreas urbanas se extraen del mapa general de usos del suelo los polígonos urbano residencial, industrial y otras instalaciones, clasificándose el resto de los valores de pixel como 0. A partir de este mapa de usos urbanos se genera un mapa de distancias que posteriormente se clasifica asignando valores de 1 a todos los pixeles que tengan valores originales superiores a 2000 m., y 0 al resto (fig.5).

El mapa de usos forestales se clasifica de forma que las zonas ocupadas por los usos forestales citados

SELECCIÓN DE ÁREAS A DISTANCIAS ACEPTABLES DE LAS CARRETERAS PRINCIPALES

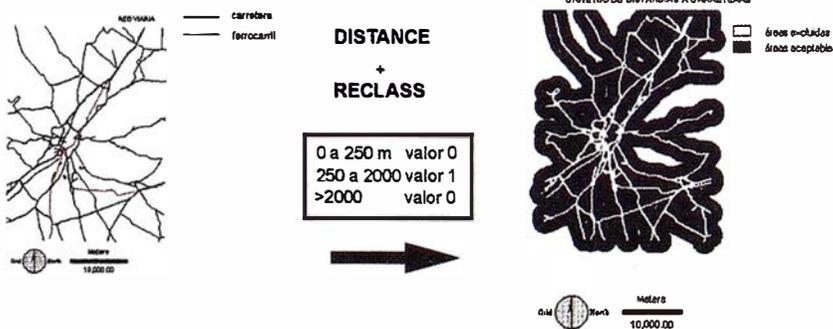


Figura 3

SELECCIÓN DE ÁREAS A DISTANCIAS ACEPTABLES DE LAS ZONAS URBANAS

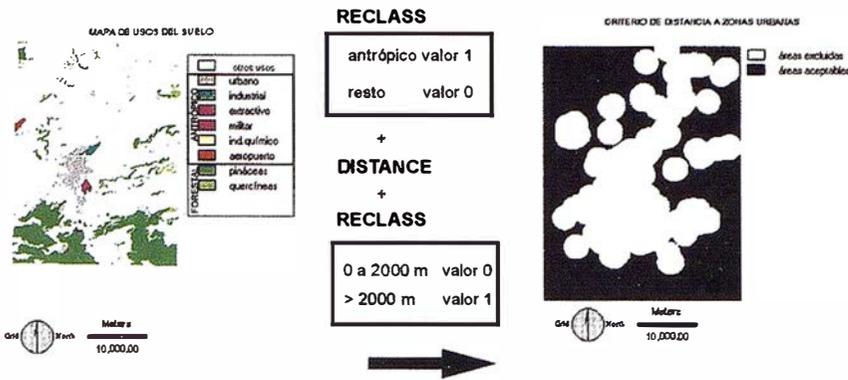


Figura 5

SELECCIÓN DE ÁREAS SIN VALOR FORESTAL

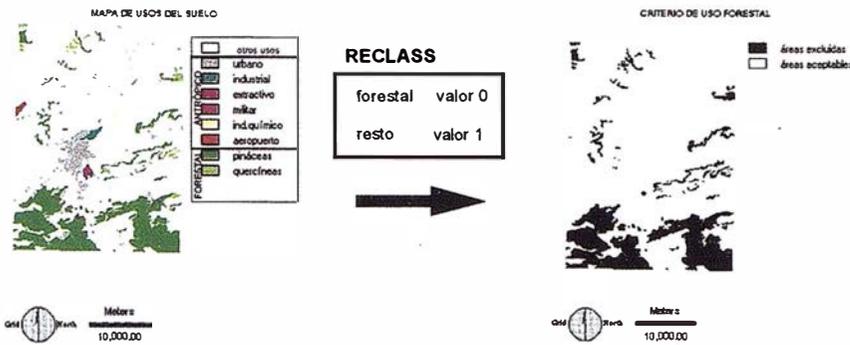


Figura 6

ÁREAS QUE CUMPLEN LOS CRITERIOS PLANTEADOS

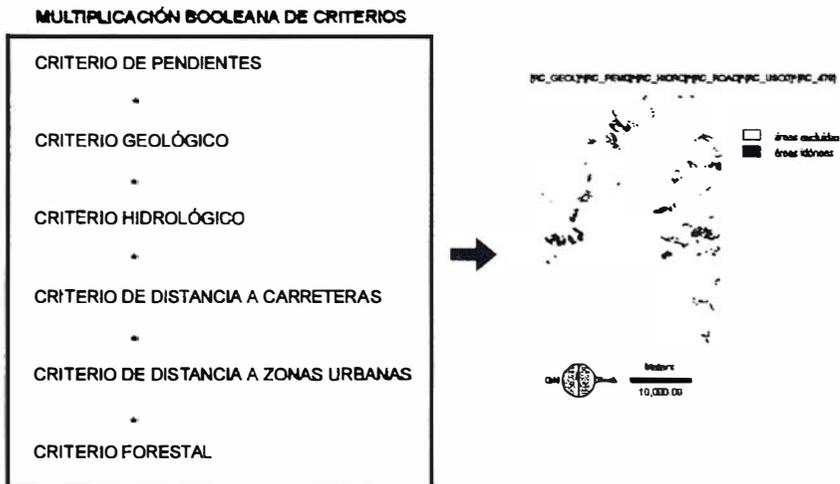


Figura 7

tienen valor de pixel 0, y el resto 1 (fig.6).

De esta manera se han elaborado una serie de mapas, en los cuales el valor de pixel 1 corresponde a las áreas donde se cumple la condición ambiental predefinida. Mediante una operación aritmética de multiplicación de los distintos mapa generados para cada uno de los criterios de selección se obtiene un mapa general denominado «IDONEO» en el que los pixeles con valor 1 representan aquellas zonas donde se cumplen todos los criterios predefinidos (fig.7).

Una vez definidas todas las zonas que cumplen los condicionantes planteados es necesario extraer aquellas con superficies superiores a 100 Has que correspondería al umbral mínimo para una vida estimada del vertedero de 50 años. Para ello en primer lugar se agrupan los pixeles contiguos y se determina el área de cada uno de los grupos, extrayéndose posteriormente aquellos con superficies superiores a 100 Has y desechándose el resto (fig.8).

Se han obtenido de esta manera 7 áreas que cumplen todos los criterios planteados. A fin de priorizar cada uno de ellos se han considerado el impacto visual que generarían. Para ello se han determinado las cuencas visuales que se obtendrían y se ha estimado el área de cada una de ellas, obteniéndose el siguiente resultado (fig.9).

De acuerdo a la aplicación de este último criterio el área de vertido con menor impacto visual sería la nº 1, mientras que la nº 4 podría ser desechada al aplicar el mismo.

Este área de vertido seleccionada se ubicaría a unos 3.5 km al NO de Arroyo y dentro de este término municipal, en el pago denominado de los Mochos Montecillo de acuerdo a la denominación del MTN 1:50.000.

IDONEO=[PENDIENTE]*[GEOLOGIA]*[CARRETERAS]*[HIDROLOGIA]*[URBANO]*
[FORESTAL]

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se han expuesto los resultados obtenidos de la aplicación de una metodología de análisis multicriterio, orientada a la selección de emplazamiento para un tipo de instalación que genera habitualmente rechazos sociales y que pueden originar importantes impactos ambientales.

Se han considerado diferentes criterios ambientales a fin de reducir los impactos ambientales de dicha instalación, y de esta manera conseguir que el poder ejecutivo en el planeamiento urbano disponga de un criterio de ordenación basado en un conocimiento real del medio.

Los resultados obtenidos han permitido discretizar diversas áreas que cumplen una serie de condiciones ambientales preestablecidas para el emplazamiento de dichas instalaciones de vertido y, a su vez, establecer un orden de prioridad en cuanto al grado de idoneidad de dichas áreas. De esta manera la planificación de dichas instalaciones dentro del proceso de ordenación territorial se realiza de un modo objetivo sobre bases reales de conocimiento del medio ambiente

6. BIBLIOGRAFIA

Carver, S.J. Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographic Information Systems. International Journal of Geographic Information Systems 1991, p. 321-339.

Eastman J.R., Jiang H. Fuzzy Measures in Multi-Criteria Evaluation. Proceedings of the Second International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Studies. Colorado 1996, p. 527-534.

Eastman J.R. IDRISI: A Grid Base Geographic Analysis System. Version 4.0. Clark University Graduate School of Geography. Worcester 1992.

Kiely G. Ingeniería Ambiental. McGraw-Hill 1999.

ÁREA DE VERTIDO	SUPERFICIE DE CUENCA VISUAL (Has)
1	273
2	368
3	302
4	1090
5	438
6	565
7	972

SELECCIÓN DE ÁREAS IDÓNEAS CON SUPERFICIE >100 Has.

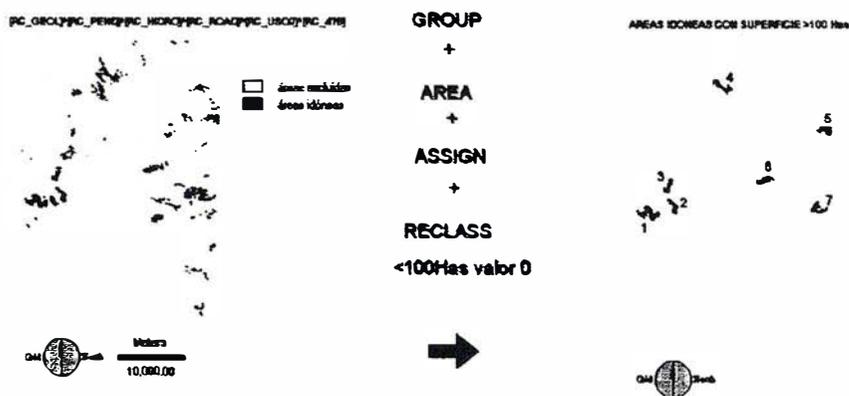


Figura 8

DETERMINACIÓN DE LAS SUPERFICIES DE LAS CUENCAS VISUALES

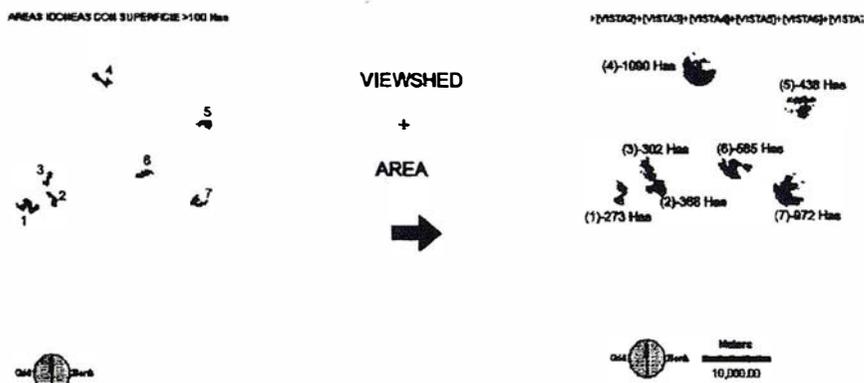
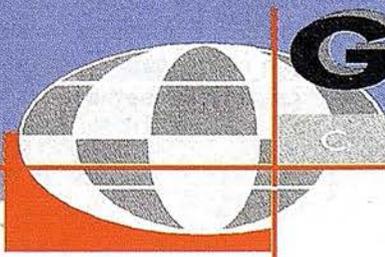


Figura 9

CARTOGRAFIA



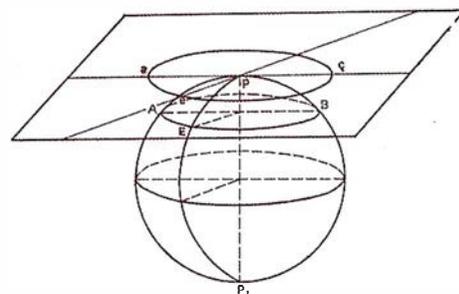
GEOMAP

CARTOGRAFIA

C/ Villanueva, 2 - 28001 MADRID
Tel. 91 435 52 01 - Fax. 91 435 51 15

TRIANGULACIÓN AEREA EN SISTEMAS DIGITALES DE BAJO COSTO

Por: José E. Juliá y Javier A. Carelli.
Universidad Nacional de Tucumán, Argentina



Resumen: En las etapas analógica y analítica de la Fotogrametría, la Triangulación Aérea de precisión ha sido posible sólo empleando instrumental fotogramétrico de costo elevado. En la actual etapa digital, se abre todo un abanico de posibilidades: desde sistemas altamente sofisticados que pueden realizar todas las tareas necesarias de manera casi totalmente automática, hasta sistemas sencillos que ofrecen la posibilidad no automática de captura de datos para la Triangulación Aérea, con un procedimiento que en mucho se parece al trabajo de medición en un monocomparador. Esta última posibilidad es precisamente la descrita en este trabajo, que presenta una metodología empleando el software Desktop Mapping System para las mediciones, dos programas auxiliares para la orientación interior y para la formación de los modelos y los programas COBLO para la Compensación en Bloque. Las precisiones obtenidas, si bien inferiores a las obtenidas en Restituidores Analíticos, o en sistemas digitales más completos que trabajan con precisión subpixel, resultaron ser del orden del tamaño del pixel, algo bastante aceptable para varios de los trabajos que usualmente llevan a cabo empresas fotogramétricas pequeñas y medianas.

1. Introducción

Los primeros procedimientos de Triangulación fotogramétricos no eran espaciales sino solamente planimétricos. La Triangulación Radial Analítica basada en las mediciones angulares llevadas a cabo en instrumentos

especiales, denominados Trianguladores Radiales, no alcanzó un grado de aceptación importante, sobre todo si se la compara con la Triangulación Radial Mecánica, basada en las plantillas ranuradas, que sí tuvo una amplia difusión. Sin embargo, en razón de sus bajas precisiones, estos procedimientos quedaban limitados a trabajos cartográficos de pequeña escala. La idea de concatenar modelos espaciales, esto es de la Triangulación Aérea espacial, da origen a la construcción de aparatos con varios proyectores, entre los que merecen citarse los del tipo Multiplex. También comenzó a construirse instrumentos restituidores con el artificio denominado «Paralelogramo de Zeiss», o con otro equivalente, que permitían la concatenación de un número arbitrario de modelos empleando solamente dos proyectores. Estos aparatos, juntamente con técnicas de compensación gráficas, posibilitaron la realización de triangulaciones aéreas según pasadas, con control de campo al principio, en el medio y al final de cada pasada. Con el advenimiento de la Computación, comienzan a emplearse, para la compensación, polinomios de segundo y, a veces, de tercer grado para representar la superficie de deformación de la pasada. Empleando también polinomios, surge la idea de la Compensación en Bloque, aunque entendiendo que las unidades formadoras del bloque eran las pasadas. Los programas de Compensación en Bloque por polinomios de H. G. Schut de National Research Council [9] del Canadá alcanzaron en la década del '60 una importante difusión. En esa misma década empiezan a consolidarse, y a difundirse, dos procedimientos más

rigurosos y más potentes que la compensación por polinomios: La Compensación en Bloque por Haces de Rayos y la Compensación en Bloque por Modelos Independientes. La primera fue impulsada por Schmidt y la segunda por Ackermann. Ambas soluciones implicaban la resolución de sistemas de ecuaciones extremadamente grandes (6 incógnitas por cada fotograma en haces de rayos y 7 incógnitas por modelo en modelos independientes), tarea que podía sólo acometerse en computadoras muy potentes y, por ende, de costo elevado en esa época. No es de extrañarse, entonces, que aún durante la década del '70, continuara usándose la compensación por polinomios puesto que ella manejaba sistemas de ecuaciones mucho más pequeños (6 u 8 incógnitas por pasada). Sólo en la década del '80, con el advenimiento y el desarrollo impresionante de las Computadoras Personales, comienza realmente una verdadera generalización del uso de los procedimientos rigurosos de compensación en bloque.

De todas maneras, la captura de datos, al exigir instrumental importante (restituidores analógicos de precisión, mono o estereocomparadores, o restituidores analíticos), hacía que la Triangulación Aérea quedara vedada a un gran número de usuarios potenciales en pequeñas oficinas cartográficas provinciales o municipales, Universidades, etc.

La Fotogrametría Digital ofrece en la actualidad una amplia gama de posibilidades. Desde sistemas con un alto grado de automatización, hasta sistemas sencillos que ofrecen la po-

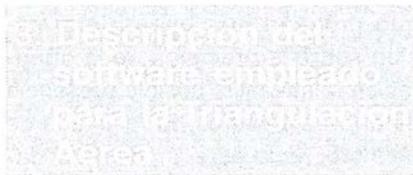
sibilidad de una captura de datos para la Triangulación Aérea similar a la que se realiza en un monocomparador. Este trabajo se refiere a esta última posibilidad.

2. Captura de datos

La captura de datos se lleva a cabo con la opción de Transferencia de Puntos (Point Transfer) del «Desktop Mapping System» (DMS) [4], el cual ha alcanzado una interesante difusión en virtud de las prestaciones que ofrece a pesar de su bajo costo. El módulo de Triangulación Aérea del DMS comienza presentando en la pantalla dos fotografías de tal manera que ambas aparezcan completas. En las dos fotografías se seleccionan con el ratón las zonas homólogas donde están el, o los puntos, que interesa medir. Dichas zonas aparecerán ampliadas y, en esas imágenes ampliadas, se realiza la bisección de los dos puntos homólogos. No se trata de una transferencia estereoscópica de puntos homólogos como la que se realiza en un estereocomparador con la ayuda de la visión estereoscópica y la marca flotante. Sin embargo, al tener las dos imágenes simultáneamente en pantalla, la transferencia de un punto de una a otra se hace por comparación de detalles con comodidad, seguridad y con una buena precisión. Las coordenadas que se obtienen son la fila y la columna (x_s, y_s , fig.1) del pixel que mejor representa el detalle que se mide. Se miden todos los puntos de enlace y de control, como así también las marcas fiduciales. Las coordenadas de estos puntos, junto con sus números de identificación, son almacenadas en dos archivos, uno por cada fotografía.

Resulta interesante destacar, que la transferencia de puntos descrita, no precisa del procesamiento previo de los fotogramas en aparatos especiales de transferencia de puntos, como sucede cuando se trabaja con puntos no preseñalizados en un monocomparador. Por este procedimiento se pueden transferir puntos, no solamente entre fotogramas adyacentes

de una misma pasada, sino también entre fotogramas de pasadas distintas. La precisión final, según pudo comprobarse, si bien no alcanza los niveles obtenidos en estereocomparadores, o en restituidores analíticos de precisión, resulta ser aceptable para una amplia gama de trabajos. Además, la desventaja del no uso de la visión estereoscópica para la transferencia se compensa con una ventaja que puede llegar a ser interesante: no se necesita operadores entrenados en la bisección estereoscópica con la marca flotante. En un corto período de entrenamiento, una persona puede alcanzar un buen ritmo de trabajo, lo cual significa un rendimiento interesante.



El software empleado para la Compensación en Bloque es el programa COBLO por modelos independientes. Este programa fue desarrollado por la cátedra de Fotogrametría de la Universidad de Tucumán en los últimos años de la década del '70 y ha alcanzado difusión en Argentina y algunos países sudamericanos y europeos [5] y [7].

Dado que las magnitudes medidas son coordenadas de fotograma, podría pensarse que el método de compensación más adecuado para este caso es el procedimiento por haces de rayos. Sin embargo, y a pesar de que también se empleará una versión de COBLO por Haces de Rayos [7], en este trabajo se pone énfasis en COBLO por Modelos Independientes por varios motivos, entre los cuales se mencionan: a) En la compensación por haces de rayos se necesita el conocimiento de valores aproximados de las coordenadas de los puntos desconocidos. En la compensación por modelos independientes, en cambio, no se necesita conocer esos valores. b) Si bien la compensación por haces de rayos ha empezado a difundirse algo más por resultar ade-

cuada para la confección de ortofotos, la ventaja en lo atinente a la precisión de los resultados finales es sólo posible cuando se trabaja con la máxima precisión, razón por la cual este procedimiento no ha logrado una difusión tan amplia como la compensación por modelos independientes en la práctica.

La utilización de COBLO por modelos independientes requiere la formación previa de los modelos mediante la orientación relativa y la determinación de las coordenadas de modelo de los puntos de enlace a través de la intersección espacial. El software desarrollado para la formación de cada modelo implica las siguientes operaciones:

3.1. Orientación Interior

El programa PRETRI obtiene las coordenadas imágenes (sistema x', y' , de la fig. 1), a partir de las coordenadas en el sistema de pixels (x_s, y_s ,

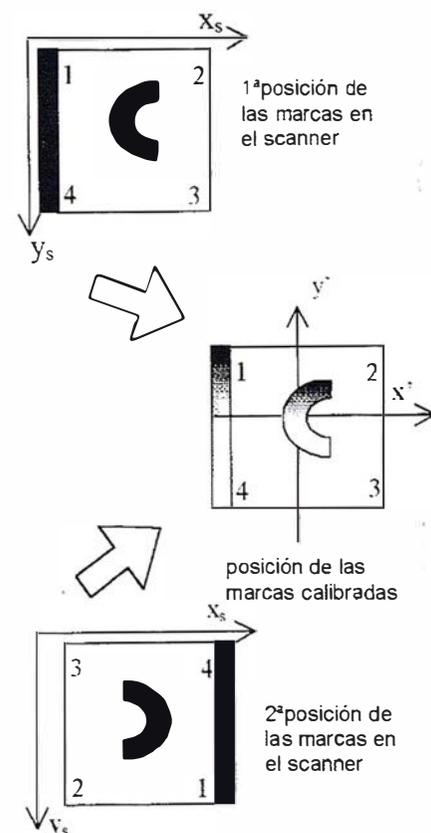


Fig. 1: Las posiciones de las marcas fiduciales calibradas determinan la posición de los fotogramas en la triangulación.

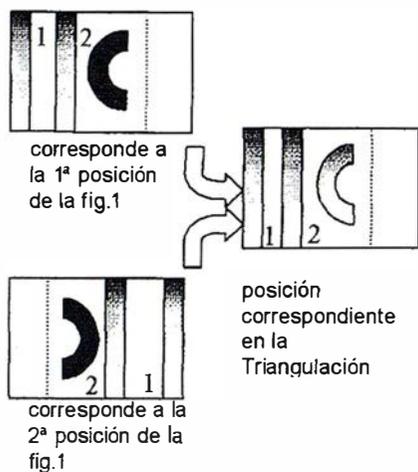


Fig. 2: Formación de un par para la Triangulación según la posición de las fotografías en el scanner.

en la fig. 1). Estas últimas coordenadas son las que se obtienen empleando el módulo de Transferencia de Puntos del DMS. El cambio de coordenadas entre ambos sistemas se lleva a cabo mediante una transformación ortogonal, o afín, si se desea tener en cuenta las variaciones dimensionales de la película o las deformaciones introducidas por el scanner [8]. También podría contemplarse en esta etapa la distorsión residual de la cámara, si fuera necesario. Para conocer los parámetros de las transformaciones mencionadas se emplean las marcas fiduciales. Se leen sus coordenadas pixels y se conocen sus coordenadas imágenes del certificado de calibración de la cámara. Al realizar la transformación, debe tenerse cuidado con la situación siguiente: La posición de la fotografía después de la transformación será siempre la correspondiente a la de las marcas calibradas. Por este motivo es aconsejable digitalizar la fotografía con las marcas en posiciones correspondientes a las de las marcas calibradas (1ª posición en la fig.1). Si, en cambio, la digitalización en el scanner se realiza en la 2ª posición (fig.1), después de la transformación la fotografía sufrirá un giro de 180°. En este último caso, si se trata de un

par, la fotografía que aparece a la izquierda en la pantalla tomará la posición de la fotografía derecha en la triangulación, y viceversa (fig.2).

3.2. Formación de los Modelos

Los modelos se forman analíticamente a partir de las coordenadas de fotograma por medio del programa PRECOB. Este programa realiza la orientación relativa y determina por intersección espacial las coordenadas de modelo de los puntos de enlace y de control de campo. En un protocolo pueden verse las paralajes "Y" residuales que proveen una buena información sobre la precisión de la orientación relativa y la posible presencia de errores groseros. El resultado de este programa es el archivo de datos completo que requiere el programa COBLO por modelos independientes.

4. Resultados obtenidos con el programa COBLO por Modelos Independientes

La precisión de una Compensación en Bloque por Modelos Independientes puede expresarse como:

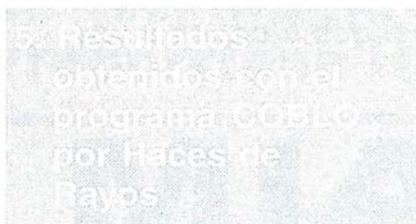
$$\sigma_c = Q_{cc} \sigma_0$$

El error σ_c es el error cuadrático medio de las coordenadas de un punto de enlace después de la compensación, y σ_0 el error cuadrático medio de la unidad de peso que surge de la compensación. El error σ_c es el error de las incógnitas, que en este caso son las coordenadas de los puntos de enlace. Los valores de Q_{cc} , denominados cofactores, son los elementos de la matriz inversa de las ecuaciones normales y dependen principalmente de la cantidad y de la distribución de los puntos de control terrestre. Sobre las magni-

tudes de esos cofactores se han llevado a cabo varias investigaciones [1] y [2], con cuyas conclusiones es hoy dable conocer de antemano la relación existente entre la cantidad y las posiciones de los puntos de control y la precisión de la compensación. En este trabajo se buscó solamente establecer el error σ_0 , que es el que caracteriza la precisión de las observaciones.

En los instrumentos analógicos y analíticos, el valor de σ_0 obedece principalmente a errores en los dispositivos de medición. En los procedimientos digitales, en cambio, este valor está directamente influenciado por el tamaño del pixel, especialmente en sistemas como el DMS que no poseen la posibilidad de mediciones subpixel.

Dos bloques de fotografías gran angular, uno a escala 1:5.000 del término municipal de Guardo (Palencia), y otro a escala 1:25.000 del término municipal de Rueda (Valladolid), fueron digitalizados en un "scanner" fotogramétrico PhotoScan y procesados con COBLO por modelos independientes. El bloque a escala 1:5000 consistía de 10 modelos en 2 pasadas, mientras que el bloque a escala 1:25.000 estaba formado por 15 modelos dispuestos en tres pasadas. En el bloque 1:5.000 se trabajó con dos resoluciones distintas: con la resolución de 907 dpi (28 micras) se obtuvo un σ_0 de 15 cm en el terreno (30 micras en la imagen), que es equivalente a 1 pixel; con la resolución de 400 dpi (64 micras) el valor de σ_0 fue de 31 cm en el terreno (62 micras en la imagen) que también resulta equivalente a 1 pixel. El bloque a escala 1:25.000 con una resolución de 400 dpi arrojó un σ_0 de 1,40 m en el terreno (56 micras en la imagen), es decir, 0,87 pixel. Como puede apreciarse, en todos los casos la precisión estuvo dentro de 1 pixel, que es el valor indicado por el proveedor del software [4].



Si bien la imposibilidad de trabajar con precisiones subpixel hace que el empleo de programas de compensación por haces de rayos no resulte atractivo desde el punto de vista de la precisión, la posibilidad que brindan esos programas de disponer de manera directa de un archivo con los parámetros de la orientación exterior de todos los fotogramas facilita de manera importante la confección de ortofotos. Por este motivo, y dado que nuestra cátedra posee también una versión de COBLO por Haces de Rayos, se decidió procesar con este programa el bloque Guardo a escala 1:5.000 con una resolución de 907 dpi (28 micras) que ya había sido procesado con COBLO por modelos independientes. Se obtuvo un σ_0 de 25 micras en la imagen, que equivale a 0,9 pixel. Este resultado era de esperar pues, si bien es algo mejor que el de la compensación por modelos independientes, resulta ser del mismo orden. La compensación por haces de rayos puede arrojar mejores resultados sólo cuando se trabaja con precisiones de unas pocas micras, como es el caso del trabajo en estereocomparadores, en restituidores analíticos, o en sistemas digitales con precisiones subpixel.

Las precisiones alcanzadas están de acuerdo a las indicadas por los autores del DMS. Los valores de σ_0 obtenidos con la resolución de 907 dpi son equivalentes a los de una triangulación aérea con puntos marcados artificialmente [3] en instrumentos analógicos o compa-

radores (25 micras). Estas precisiones, si bien algo alejadas de las que se pueden obtener con restituidores analíticos, o con un software con precisión subpixel (3 a 7 micras), resultan ser adecuadas para muchos proyectos y, entre ellos, la confección de ortofotos.

Con este trabajo se pretende difundir el empleo de la Triangulación Aérea a usuarios que trabajan en pequeñas oficinas cartográficas, o Universidades, con cuyos exiguos presupuestos resulta imposible adquirir los más sofisticados sistemas de Fotogrametría Digital. Para organizaciones de este tipo, la posibilidad de la Triangulación Aérea, a partir de sistemas digitales de bajo costo, significa no solamente la oportunidad de reducir de manera importante la cantidad de puntos a medir en el terreno, sino también la solución de otro problema que se presenta con frecuencia en proyectos pequeños: En regiones montañosas, el noroeste argentino por ejemplo, en un proyecto de restitución, o de ortofoto, que abarque uno o pocos modelos, los puntos de control necesarios están ubicados muchas veces en regiones de muy difícil acceso. Esta situación puede obviarse, si se dispone de un procedimiento de Triangulación Aérea, formando un bloque algo mayor incluyendo algunos modelos adicionales, en los cuales pueden aparecer puntos de control de fácil acceso.

Los autores agradecen al Dr. Serafín López-Cuervo Medina por toda la colaboración brindada para la realización de este trabajo.

[1] Ackermann F.: Theoretische Beispiele zur Lagegenauigkeit ausge-

glichener Bloecke. Bild-messung und Luftbildwesen, Heft 3, 1967.

[2] Ackermann F.: Results of recent tests on aerial triangulation. Photogrammetric Engineering, Vol. XLI, No. 1, 1975.

[3] Ackermann F., Schwidewsky K.: Photogrammetrie. B. G. Teubner, Stuttgart, 1976.

[4] Desktop Mapping System 4.1: User's Guide. R - Wel, Athens, Georgia, 1998.

[5] Juliá J. E. : Developments with the COBLO Block Adjustment Program. The Photogrammetric Record, Vol. XII, London, October 1986.

[6] Juliá J. E. : Puntos de Enlace y de Control en la Aerotriangulación: ¿Cuántos?, ¿Dónde?. Trabajo presentado en el VII Congreso de la Asociación Argentina de Fotogrametría, Mendoza, 1990.

[7] Juliá J. E., Luccioni G. M, Marquetti M. E.: Reseña del desarrollo de los programas de compensación en bloque COBLO y tareas de actualización. Revista Mapping, N° 39, Madrid, Julio 1997.

[8] López-Cuervo S.: Triangulación Aérea: Procesos Automáticos. Tesis Doctoral, 1999.

[9] Schut G. H.: A FORTRAN Program for the Adjustment of Strips and of Blocks by Polynomial Transformation. Publicación AP - PR 33 del "National Research Council of Canada".

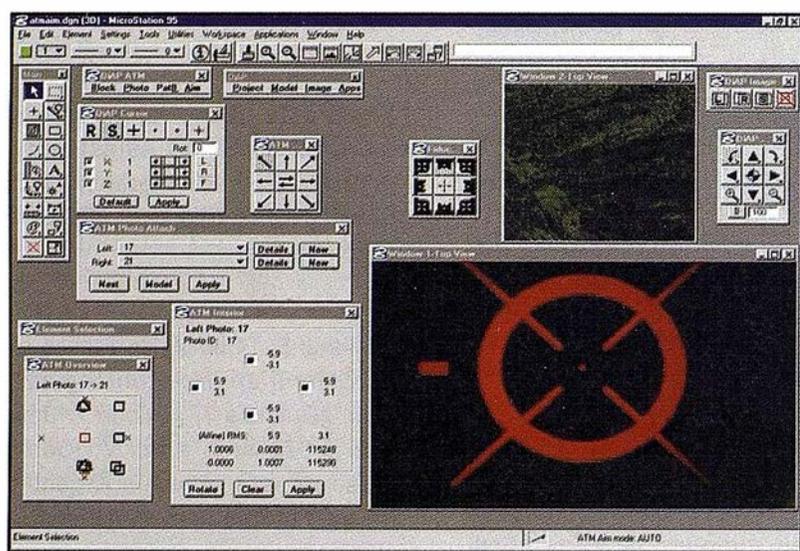
DiAP AIM es un sub-sistema de nuestro restituidor digital DiAP, que automatiza completamente todas las mediciones necesarias durante el proceso de aerotriangulación, por correlación de imágenes. Unido a DiAP ATM, AIM proporciona una poderosa herramienta para triangular grandes bloques a una media aproximada de una foto por minuto.

DiAP AIM

A u t o m a t i c I m a g e M e n s u r a t i o n

DiAP AIM se integra completamente con DiAP ATM, y permite al usuario seleccionar entre diversos modos de medición: Manual, automático con validación, y totalmente automático. El operador puede en cambiar de un modo a otro en cualquier momento del proceso de aerotriangulación.

DiAP AIM realiza la orientación interna de todas las fotos automáticamente, presentando los resultados al operados para su validación. No importa ni el tipo de marca fiducial ni su situación, el sistema las localizará con una precisión sub-píxel.

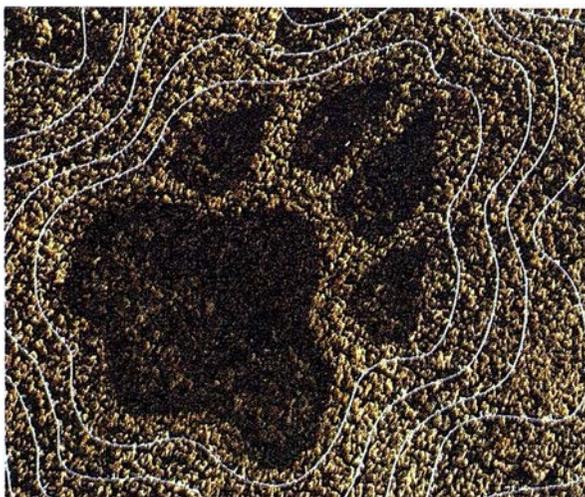


Trabajando con DiAP AIM, el usuario solo tiene que observar una vez los puntos de control, puesto que el sistema los medirá por correlación en todas las demás fotos en que aparezcan. Para esta medición inicial, el operador dispone de toda la potencia del sistema de visión estereo de DiAP, haciendo la tarea más fácil y precisa.

El operador tiene control total de todas las observaciones; puede controlar la precisión de la correlación automática en todo momento, a lo largo de la medición del bloque. La necesidad de remedir puntos después de una primera medición general del bloque es mínima.

El operador puede realizar automáticamente una medición múltiple de todos los puntos comunes entre una foto y las 8 que la rodean con solo clicar en un icono.

**Con ISM sólo se Mide Una Vez.
Avance con
Rapidez y
Firmeza**



Contacte con nosotros para recibir una copia de nuestro conocido libro,

The Fundamentals of Digital Photogrammetry.

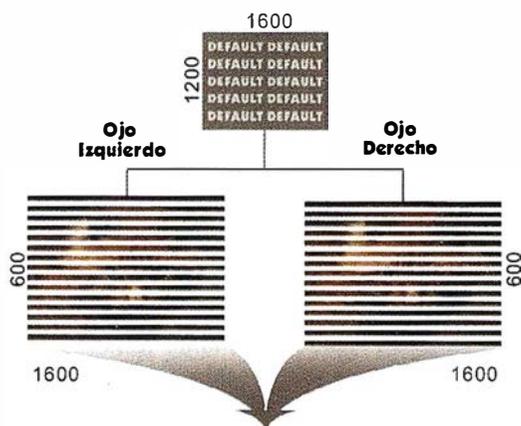
La Tecnología de Visión Estereoscópica de ISM Proporciona la Más Alta Resolución de Pantalla

Entrelazado

Resolución Estéreo, La otra vía

Lo habitual... aceptado y fácil de hacer. El método distribuye líneas alternas de señal de video a cada ojo.

Salida de video habitual:



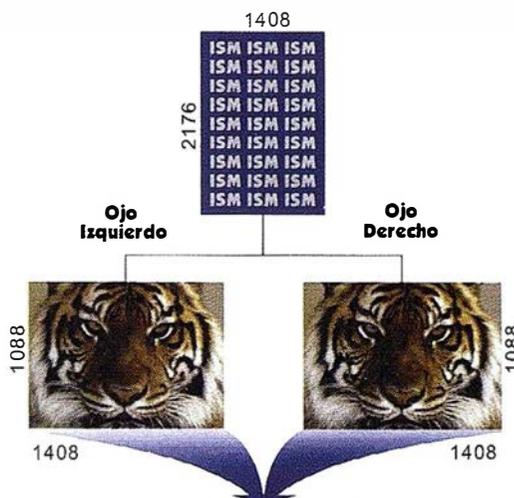
Resolución Estéreo
1600 x 600 = 960,000 Píxels

campos Alternos

La Resolución estéreo de ISM

Nuestra elección... difícil, pero mejor y más correcta. La técnica proporciona alternativamente, a cada ojo por separado, la totalidad del campo de visión.

Salida de video de ISM:



Resolución Estéreo
1408 x 1088 = 1,531,904 Píxels



ISM

Europe

Stereo Imaging Through Innovation

ISM Europe S.A.

Avda J. V. Foix 72, Local 5B

08034 Barcelona

Tel. 93 280 10 50

Fax. 93 280 19 50

www.ismeurope.com

info@ismeurope.com

Diseño de un plan de recogida de residuos sólidos urbanos utilizando tecnologías SIG



José Carlos Montilla Gómez. Ingeniero Industrial.
Antonio Gallardo Izquierdo. Universitat Jaume I.
M^a Rosario Vidal Nadal. Universitat Jaume I.

INTRODUCCION

La recogida de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es la etapa de la gestión que incluye las actividades de traslado de los residuos desde el punto donde son depositados por los ciudadanos hasta el camión de recogida, carga al camión, transporte a los puntos de transferencia o de tratamiento y por último descarga en dicho lugar.

En los últimos años, la publicación de la Ley 10/98 de Residuos y la Ley 11/97 de Envases están obligando a muchos municipios españoles a reconsiderar sus sistemas de recogida para implantar la recogida selectiva a partir del año 2001. Una de las alternativas consiste en la recogida domiciliaria en al menos dos fracciones. Una fracción de materia orgánica y otra fracción conteniendo el resto de residuos. A estas dos fracciones pueden añadirse otras para ser depositadas en áreas de aportación en los conocidos iglúes como el papel y el vidrio.

La implantación de sistemas de recogida selectiva va a invertir la tendencia en la disminución porcentual que los costes de la recogida tienen en los costes de la gestión de los RSU. En los años setenta suponían entre el 75 y el 85%, en la década de los ochenta y noventa, gracias a la mecanización de la recogida, pasaron a suponer el 50-70%, sin embargo, a medida que la recogida selectiva se implante se prevé que los costes aumenten.

El peso económico tan importante de la recogida sobre el conjunto de la gestión implica que un aumento o disminución en sus costes tenga una incidencia muy sensible en los costes totales. Además, con la recogida selectiva se necesitan nuevos sistemas de recogida más complejos y con mayor número de fracciones a recoger.

Aspectos como la localización de los contenedores, la estimación de la cantidad depositada en los mismos y la determinación de las rutas óptimas de los camiones de recogida, que dependen de variables geográficas, pueden ser analizados con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Las aplicaciones de las tecnologías SIG a la recogida de RSU, existentes hasta el momento, son muy escasas. Cabe tan sólo citar la aplicación de Chang (1997) quien integró un modelo matemático de análisis multiobjetivo para minimizar distancias, costes y tiempos en un SIG (ARC/INFO) para la generación de alternativas de recogida en una zona de Taiwán.

En nuestro estudio, para analizar diferentes estrategias a la recogida de RSU se ha utilizado el software ArcView 3.0a (ESRI, 1996a) por medio de la aplicación de sus funciones y el desarrollo de varios scripts (procedimientos o rutinas) en Avenue (ESRI, 1996b).

La metodología desarrollada se ha aplicado a la ciudad de Castellón con

la finalidad de estudiar distintos modelos de recogida de los RSU en cumplimiento de las actuales directivas europeas y de la leyes españolas de residuos y envases (Ferrer et al., 2000). En el presente artículo se describe la aplicación de la metodología a una parte de la ciudad de Castellón para diseñar un sistema de recogida en dos fracciones, una de materia orgánica y otra de restos, ambas en contenedores a nivel de acera.

Debe finalmente remarcarse la importancia dada a que esta herramienta resultara flexible. Para ello, consideramos que el usuario debe participar activamente en la elaboración de los modelos y en la toma de decisiones.

METODOLOGIA

La metodología para diseñar un sistema de recogida de residuos sólidos urbanos se ha estructurado en cuatro etapas.

En primer lugar se depura la cartografía digital para conservar únicamente la información necesaria. Partiendo de ella, se dibuja la red que se utilizará con el Network Analyst y se crea la base de datos asociada que tiene como atributos principales el nombre de la calle y el sentido de circulación.

La segunda etapa consiste en el análisis geográfico de la generación de RSU, que se calcula a partir de fac-

tores como la población y el nivel socioeconómico, para cada una de las calles de la ciudad.

En la tercera etapa y a partir de la distribución geográfica de la cantidad de residuos generados, se han implementado varios scripts que optimizan la localización y la cubicación de los contenedores.

En la cuarta y última etapa, la zona de estudio se divide, para cada una de las fracciones de RSU, en diferentes sectores de recogida sobre los que se aplican las funciones de la extensión Network Analyst del ArcView con el fin de optimizar el itinerario de recogida.

PREPARACION DE LA RED

El objeto de esta etapa es conseguir una red que cumple con las condiciones impuestas por el Network Analyst para poder ser reconocida por el ArcView 3.0a.

En esta aplicación se ha partido de la cartografía digital en CAD de Castellón de la Plana a escala 1:2000. Utilizando el programa de diseño gráfico AutoCAD se ha filtrado la información contenida en el archivo, disminuyendo considerablemente su tamaño, almacenando sólo los trazados de las calles, de las manzanas y de cualquier otro aspecto que pueda ser útil para un futuro desarrollo de esta aplicación para la recogida de RSU (Figura 1).

Preparada la cartografía digital, se debe dibujar la red que representará a las calles. Sin embargo, como ArcView interpreta el cruce de dos calles como un puente o túnel, debe recurrirse al comando *Split Lines* para interpretar correctamente los cruces. Uno de los scripts programados para esta aplicación, a partir de las calles dibujadas por el usuario para un sector de la zona de trabajo, consigue una red entrecruzada que representa los "trozos de calle" entre cruce y cruce de las calles del sector. Cada trozo de calle será un arco (polilínea) de la base de datos asociada al tema que represente la red.

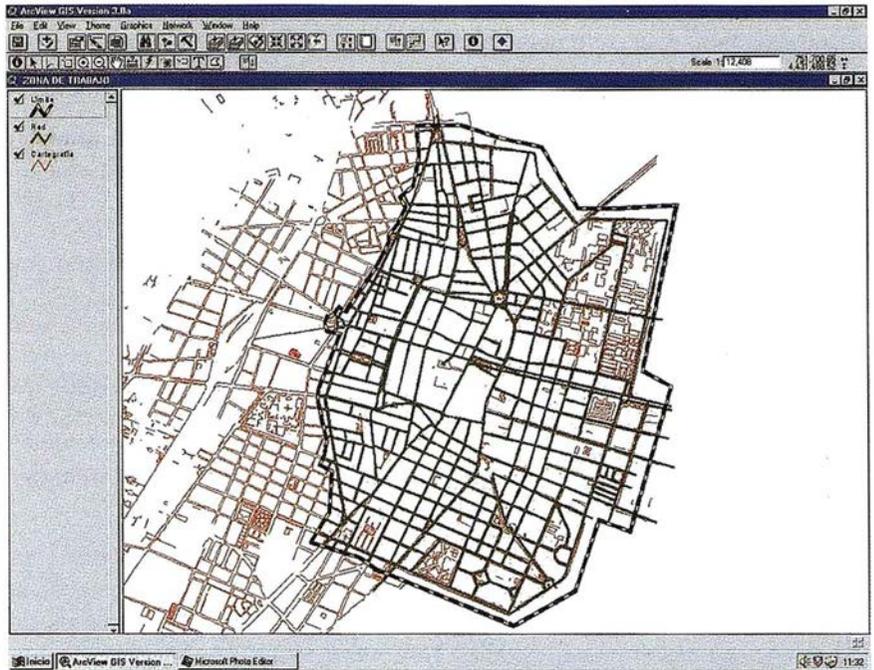


Figura 1. Zona de aplicación

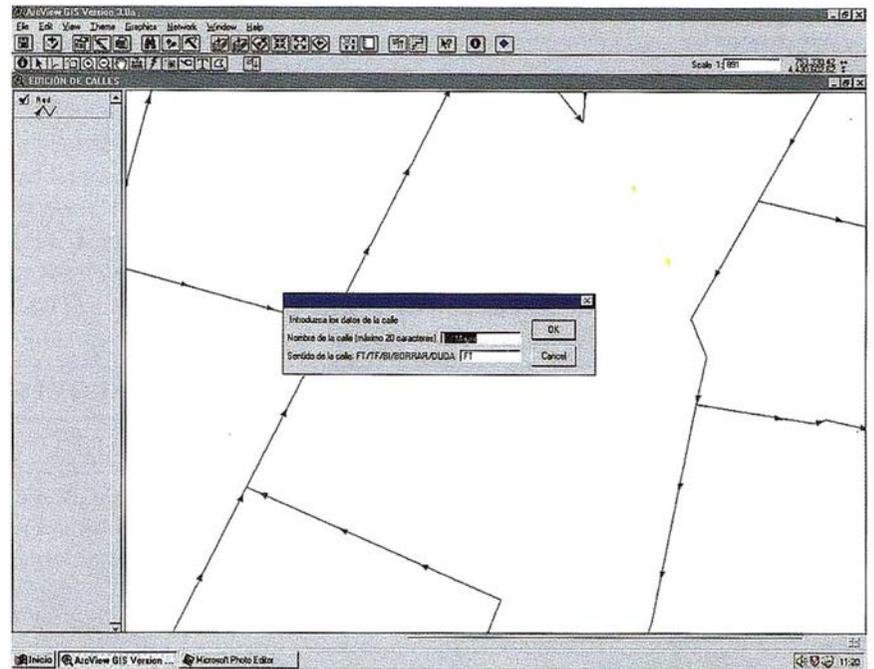


Figura 2. Edición de los tramos de calle

Para conseguir este resultado, se ha dividido la ciudad en sectores que faciliten una posterior edición de las calles. Normalmente, cada sector tiene entre 15 y 20 calles, que al aplicarles el script anterior multiplican por 10 el número de "trozos de calle". Es en este momento, cuando se ejecuta un programa de edición que permite al usuario introducir el nombre de la calle y el sentido de circulación, que se almacenan en los campos *Streetname* y *Oneway* respectivamente.

El sentido de circulación se define siguiendo las indicaciones del Network Analyst: FT cuando el sentido sea el mismo que el del dibujo (sentido de digitalización), TF cuando el sentido es el contrario y BI o cualquier otro valor para indicar sentidos bidireccionales. Con el fin de asignar correctamente estos valores se utiliza una de las opciones del *Legend Theme* que permite visualizar los sentidos de digitalización al asignar como símbolo de representación

una línea con una flecha de sentido. De esta manera, el usuario puede introducir, sin equivocarse y de manera sencilla, estos valores (Figura 2).

El último paso para tener preparada la red se basa en la unión de todos los sectores en un solo tema que represente a toda la ciudad. Esta unión se realiza intercalando polilíneas entre los distintos sectores. Para no interferir en la definición anterior de los sentidos de circulación, el programa les asigna un sentido bidireccional, y con el fin de identificarlas en un posterior análisis del tema de la red, el programa introduce el valor *Union* en el campo *One-way*.

ANÁLISIS GEOGRÁFICO DE LA GENERACIÓN DE RSU

Esta es una de las etapas más importantes de la aplicación, que permite analizar geográficamente la generación de residuos sólidos en la zona de trabajo. Aunque existen muchos factores que influyen en la generación de residuos (Abu Qdais et al., 1997; Kaseva et al., 1996; Maystre, 1995) y

PARÁMETRO	VALOR
Población (habitantes)	71.150
Frecuencia de recogida	7/7
Tasa de generación: diciembre 2002 (kg/hab.día)	1,286
Coefficiente de variación diaria: lunes (Cvd)	1,19
Coefficiente de seguridad (Cseg)	1,1
Coefficiente de renta (Cvr)	1,1
Tasa de generación de diseño (kg/hab.día)	1,852
RSU recogidos (kg/día)	131,913
Porcentaje en contenedor materia orgánica	64,445%
Porcentaje en contenedor restos	35,555
Densidad RSU en contenedor de MO (kg/m ³)	116,347
Densidad RSU en contenedor de restos (kg/m ³)	81,416

Tabla 2. Parámetros de la zona de estudio

todos ellos varían geográficamente, solamente los datos demográficos se han representado como un tema del ArcView. El resto de los factores como nivel socioeconómico, tipo de vivienda, etc., se han representado con un coeficiente debido fundamentalmente a su falta de fiabilidad por la ausencia de fuentes oficiales, a diferencia de como sucede con los datos demográficos. Otros factores relacionados con la variabilidad temporal (variaciones diarias y mensuales) se han introducido también como coeficientes. Además se ha definido un coeficiente de seguridad cuyo valor es 1,1.

A modo de resumen, el script que calcula la generación de residuos tiene las características reflejadas en la Tabla 1.

Los valores de todos los datos se han calculado para el año 2002, siendo el día más desfavorable un lunes del mes de diciembre. Los datos demográficos de ese año se han extrapolado a partir del censo del año 1996, la cantidad de RSU generada se ha estimado con un modelo ARIMA (11, 1,5) (Navarro et al., 1998) y la composición de los RSU se ha supuesto que no varíe.

ASIGNACIÓN DE VALORES	
ENTRADA	SALIDA
COEFICIENTES	
- Coeficiente de variación mensual (Cvm)	- Relación cantidad RSU/metro de calle
- Coeficiente de variación diaria (Cvd)	- Relación cantidad MO/metro de calle
- Coeficiente de variación de renta (Cvr)	- Relación cantidad resto/metro de calle
- Coeficiente de seguridad (seg)	
PARÁMETROS	
- Frecuencia de recogida (días/semana)	- Cantidad RSU por cada calle
- Tasa de generación (kg/hab.día)	- Cantidad MO por cada calle
- Porcentaje de materia orgánica	- Cantidad resto por cada calle
- Porcentaje de resto	
- Densidad de materia orgánica (kg/m ³)	- Relación volumen RSU/metro de calle
- Densidad de resto (kg/m ³)	- Relación volumen MO/metro de calle
	- Relación volumen resto/metro de calle
	- Volumen RSU por cada calle
	- Volumen MO por cada calle
	- Volumen resto por cada calle
	- Población equivalente por cada calle
TEMAS DE ENTRADA	TEMAS DE SALIDA
- Tema que representa la red	- Tema que representa la red
- Tema que representa la población	

Tabla 1. Asignación de valores

Los datos iniciales, estimados para el caso más desfavorable del año 2002 se recopilan en la Tabla 2.

Los valores iniciales de los datos demográficos provienen del censo municipal y su representación se puede ver en la Figura 3.

El tema de salida tiene hasta ahora los siguientes atributos en su base de datos asociada: nombre de la calle, sentido de circulación y todos los que aparecen en la columna de la derecha de la Tabla 1.

UBICACIÓN DE LOS CONTENEDORES

Una vez conseguida la red que representa el tráfico urbano y conocida la generación de RSU, los siguientes pasos de la metodología consisten en:

1. Localización de los emplazamientos idóneos de los puntos de toma.
2. Depuración de los puntos de toma.
3. Cubicación de los puntos de toma.

La primera parte consiste en un programa que localiza los emplazamientos que cumplen con el objetivo de que ningún habitante de la zona debe recorrer más de 25-30 metros para depositar su residuos domiciliarios. Para ello se han establecido los siguientes criterios:

- Situación de los contenedores preferentemente en todas las esquinas.
- Situación de contenedores en tramos internos de las calles de una longitud superior a 60 metros.

En segundo lugar se depuran las localizaciones calculadas. Con un script se eliminan las localizaciones repetidas, para que posteriormente, el usuario de la aplicación realice una supervisión de todas las localizaciones basándose en sus propios criterios. Con el fin de ayudar al usuario en esta tarea, éste puede utilizar la orden *Find Service Area* del Network Analyst del ArcView 3.0a y definido un radio de 30 metros, esta orden

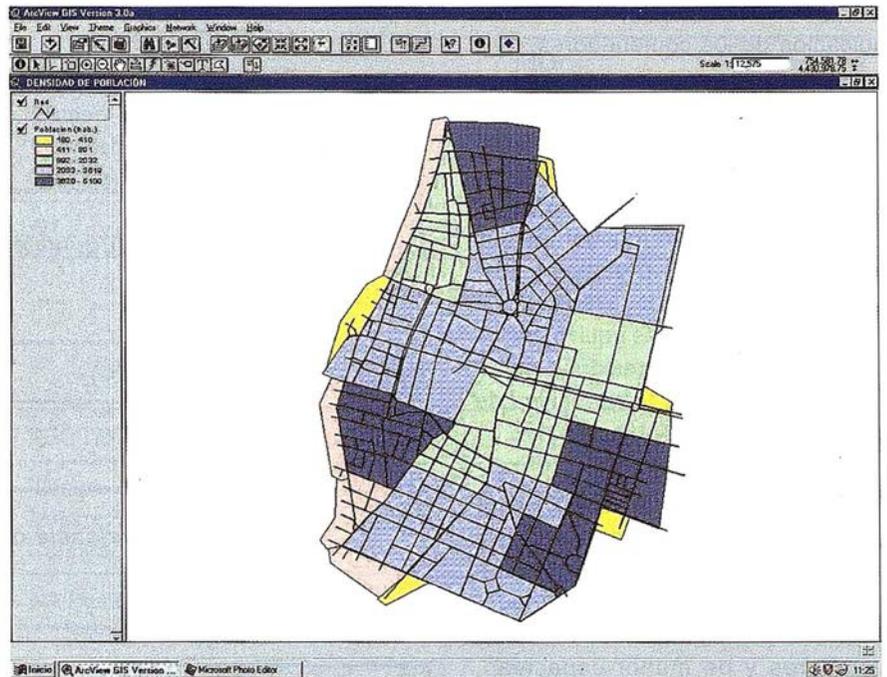


Figura 3. Densidad de población

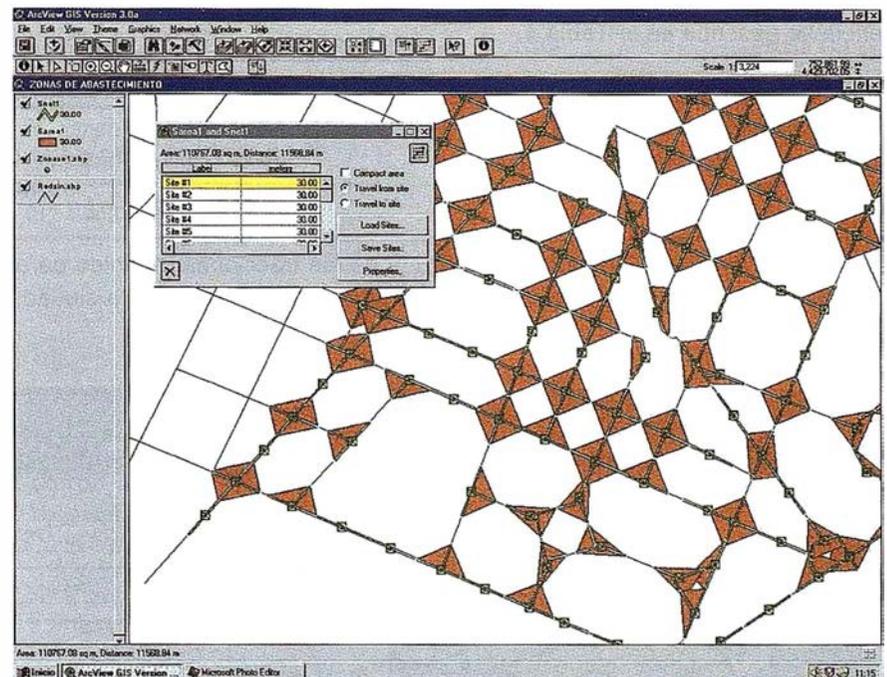


Figura 4. Zonas de acción de cada punto de recogida

determina las distintas “zonas de acción” de cada punto de toma. De esta forma, se aprecian aquellas zonas que son abastecidas por cada punto de toma, y aquellas que no lo son. Estas áreas de acción se muestran en la Figura 4.

Sobre la base de esta información, el usuario puede eliminar posiciones en calles sobreabastecidas y colocar

nuevos puntos de toma en los trozos de calle no abastecidos. Aunque se podría automatizar la tarea con un script se ha decidido no hacerlo basándose en el razonamiento de que el usuario es quien conoce las localizaciones y puede adaptarlas a aspectos de la geografía urbana no contemplados como la existencia de parques, edificios histórico/religiosos, edificios públicos, etc., que afectan

a la generación de residuos y a la ubicación de los contenedores.

El tercer paso consiste en la ubicación de los mismos, es decir, la determinación del número y capacidad de los contenedores, en cada punto de toma, que deben recoger las dos fracciones (materia orgánica y resto). Mediante un script se realiza esta tarea basándose en las equivalencias entre el volumen de residuos generados y el número y la capacidad de los contenedores (Tabla 3).

En el caso concreto de aquellos puntos de toma situados en el casco viejo de la ciudad, y con el fin de no llenar sus calles estrechas de contenedores, se ha decidido situar menos contenedores y de menor capacidad, recogiendo el resto de los RSU generados por el sistema de "puerta a puerta". La nueva tabla de equivalencia se describe en la Tabla 4.

En la Tabla 5 se detalla el resultado de la ubicación y ubicación de los contenedores para toda la zona de estudio.

Además, en la Figura 5 se puede ver la distribución de los contenedores de

una de las fracciones obtenida para el sector Sudeste (SE) de la ciudad.

VOLUMEN (litros)	CONTENEDORES
0 - 800	1 de 800 l
801 - 1.600	2 de 800 l
1.600 - 2.200	2 de 1.100 l

Tabla 3. Equivalencia de contenedores

VOLUMEN (litros)	CONTENEDORES
0 - 800	1 de 800 l
801 +	1 de 1.100 l

Tabla 4. Equivalencia de contenedores en el casco viejo

	MATERIA ORGÁNICA		RESTO		PUNTOS DE TOMA	
	800 l	1.100 l	800 l	1.100 l	MO	Resto
1 contenedor	191	22	310	13	213	323
2 contenedores	334	103	292	35	437	327
	TOTAL				650	650

Tabla 5. Resultado de la ubicación y ubicación de los contenedores

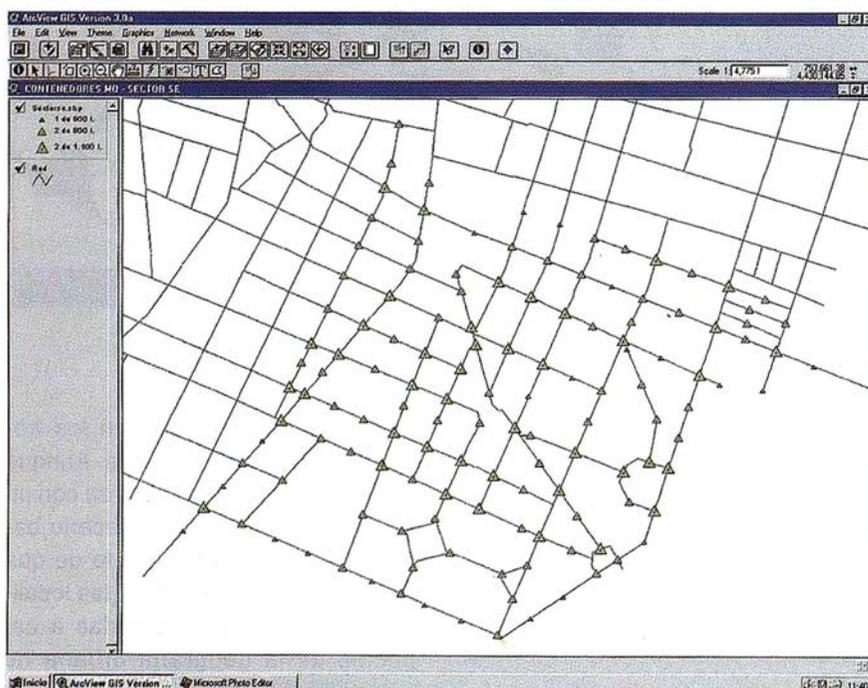


Figura 5. Distribución de contenedores de materia orgánica en el sector SE

OPTIMIZACIÓN DE ITINERARIOS DE RECOGIDA

El objetivo de esta última etapa consiste en la organización de los sectores de recogida y del cálculo de los itinerarios de recogida óptimos.

Para la determinación de los sectores de recogida se ha desarrollado un script que permite conocer al usuario los siguientes valores simplemente con señalar una zona del mapa:

- Cantidad de materia orgánica/resto generada en la zona.
- Volumen de materia orgánica/resto generada en la zona.
- Cantidad de puntos de toma.
- Tiempo estimado de recogida.

El tiempo estimado de recogida es una primera aproximación del tiempo

po que será necesario para vaciar los contenedores, desplazarse el camión en el sector, más el tiempo para acceder a dicho sector. Se ha determinado a partir de estudios experimentales en otras ciudades españolas (Gallardo, 2000). Este tiempo puede refinarse posteriormente tras la optimización de las rutas para cada sector, e incluso, puede volver a iterarse para dividir de nuevo en sectores la zona de estudio y calcular las nuevas rutas óptimas.

Con estos valores, el usuario podrá conocer la respuesta a las siguientes preguntas:

- Cuántos operarios son necesarios.
- Cuántos camiones, y de qué capacidad, se necesitan.
- Cómo organizar los diferentes grupos de recogida durante toda la jornada laboral.

Se ha dividido la zona en cuatro sectores, cuyos resultados se presentan en las Tablas 6-9, basándose en los siguientes criterios de recogida habituales:

- El tiempo de la jornada de recogida será como máximo 4 horas y parecida entre los distintos grupos de trabajo.
- Cada sector será recogido por dos camiones teniendo en cuenta la capacidad de éstos y la densidad de la fracción a recoger.

El sector SE tiene unos tiempos de recogida inferiores a los de los otros sectores, pero con tasas similares de generación de RSU. Esta diferencia se debe a que es una zona con una alta densidad de población.

Una vez determinados estos sectores, se utiliza la herramienta *Find Best Route* (con la subopción *Find Best Order*) del Network Analyst con el fin de obtener un itinerario de recogida óptimo. Con el fin de asegurar que las localizaciones de los puntos de toma coincidan exactamente con los cruces de las calles, se rein-

SECTOR SE	MO	RESTO
Tiempo estimado de recogida (min)	187	180
Volumen recogido (m ³ /día)	182	143
Cantidad recogida (kg/día)	21.200	11.700
Nº Puntos de toma	133	

Tabla 6. Sector SE

SECTOR SW	MO	RESTO
Tiempo estimado de recogida (min)	222	207
Volumen recogido (m ³ /día)	171	135
Cantidad recogida (kg/día)	19.900	10.900
Nº Puntos de toma	169	

Tabla 7. SW

SECTOR NW	MO	RESTO
Tiempo estimado de recogida (min)	219	196
Volumen recogido (m ³ /día)	183	144
Cantidad recogida (kg/día)	21.400	11.800
Nº Puntos de toma	164	

Tabla 8. NW

SECTOR NE	MO	RESTO
Tiempo estimado de recogida (min)	211	196
Volumen recogido (m ³ /día)	176	139
Cantidad recogida (kg/día)	20.500	11.300
Nº Puntos de toma	165	

Tabla 9. NE

roducen estas localizaciones con sus coordenadas geográficas.

Con la opción *Return to Origin (Find Best Route)* se obtiene la ruta óptima obligando a que el punto de finalización de la ruta coincida con el punto de entrada. El punto de partida influye en el resultado de la optimización, siendo aconsejable que se elija en función de la localización del sector o que se realicen varias iteraciones previas.

Por ejemplo, en el caso del Sector SE (Figura 6), con una longitud total de las calles de 12.500 metros, la ruta óptima tiene un resultado de 14.700 metros. Este aumento de la distancia se debe a los sentidos de tráfico que imposibilitan que el camión pueda realizar todas las maniobras en la menor distancia posible. Por otra parte, en la ruta óptima las paradas pueden no ser consecutivas, sino que se repite el paso por algunas calles y al pasar el camión de recogida por una misma

esquina dos veces, el contenedor puede ser recogido en cualquiera de las veces.

Finalmente, con la opción *Direction* se puede obtener la hoja de ruta en la que se especifican ordenadamente las calles por las que deberá circular el camión.

CONCLUSIONES

Los sistemas de información geográfica pueden ser una potente herramienta en la recogida de los residuos sólidos urbanos. Aspectos como la localización, la ubicación y cubicación de los contenedores, la sectorización y el cálculo de las rutas óptimas de recogida han sido objeto de una metodología desarrollada en el entorno de ArcView.

Entre las ventajas que cabe destacar de la metodología desarrollada mencionamos:

- Flexibilidad de adaptación a las condiciones cambiantes de los sistemas de gestión de los residuos sólidos, así como a las particularidades de cada sistema.
- Cálculo óptimo de contenedores y rutas.
- Visualización gráfica de los resultados, con una gran versatilidad para la elaboración de las rutas de recogida y para el control y mantenimiento de los contenedores.
- Posibilidad de desarrollos futuros con la utilización de técnicas GPS para el seguimiento de los camiones, el control de los contenedores o la actualización automática de la información gráfica y de las bases de datos asociadas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido posible gracias a la ayuda económica de la Fundació Caixa Castelló-Bancaixa concedida al proyecto PIA97-15 titulado "Gestión técnica de los residuos sólidos urbanos mediante tecnologías SIG.

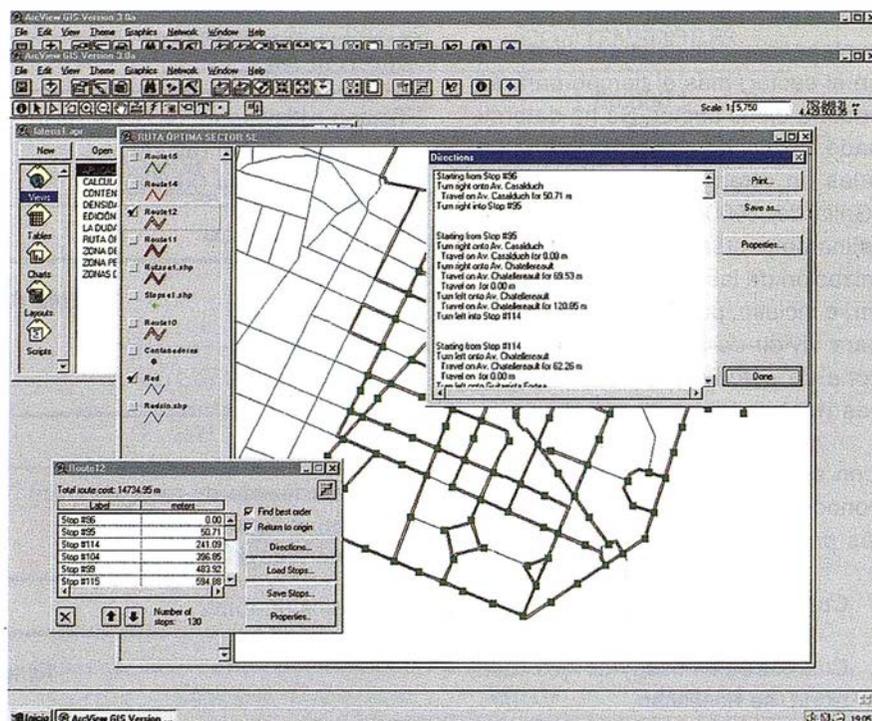


Figura 6. Ruta óptima con la hoja de ruta

Aplicación al ámbito geográfico de la provincia de Castellón".

REFERENCIAS

Abu-Qdais, H.A.; Hamada, M.F.; Newham, J. (1997). Analysis of residential solid waste at generation sites. *Waste Management & Research*. Vol. 15, pág. 395-406.

Chang, N.B. (1997). GIS Technology for vehicle routing and scheduling in solid waste collection systems. *Journal of Environmental Engineering*. Vol. 123, N° 9, pág. 901-910.

ESRI (1996a). *ArcView GIS*. Environmental Systems Research Institute, Inc.

ESRI (1996b). *Avenue*. Environmental Systems Research Institute, Inc.

Ferrer, J.; Gallardo, A.; Vidal, R.; Bellés, M.J.; Ramos, J. (2000). *Metodología para la generación de alternativas a la gestión de los residuos sólidos urbanos*. Fundación Dávalos-Fletcher.

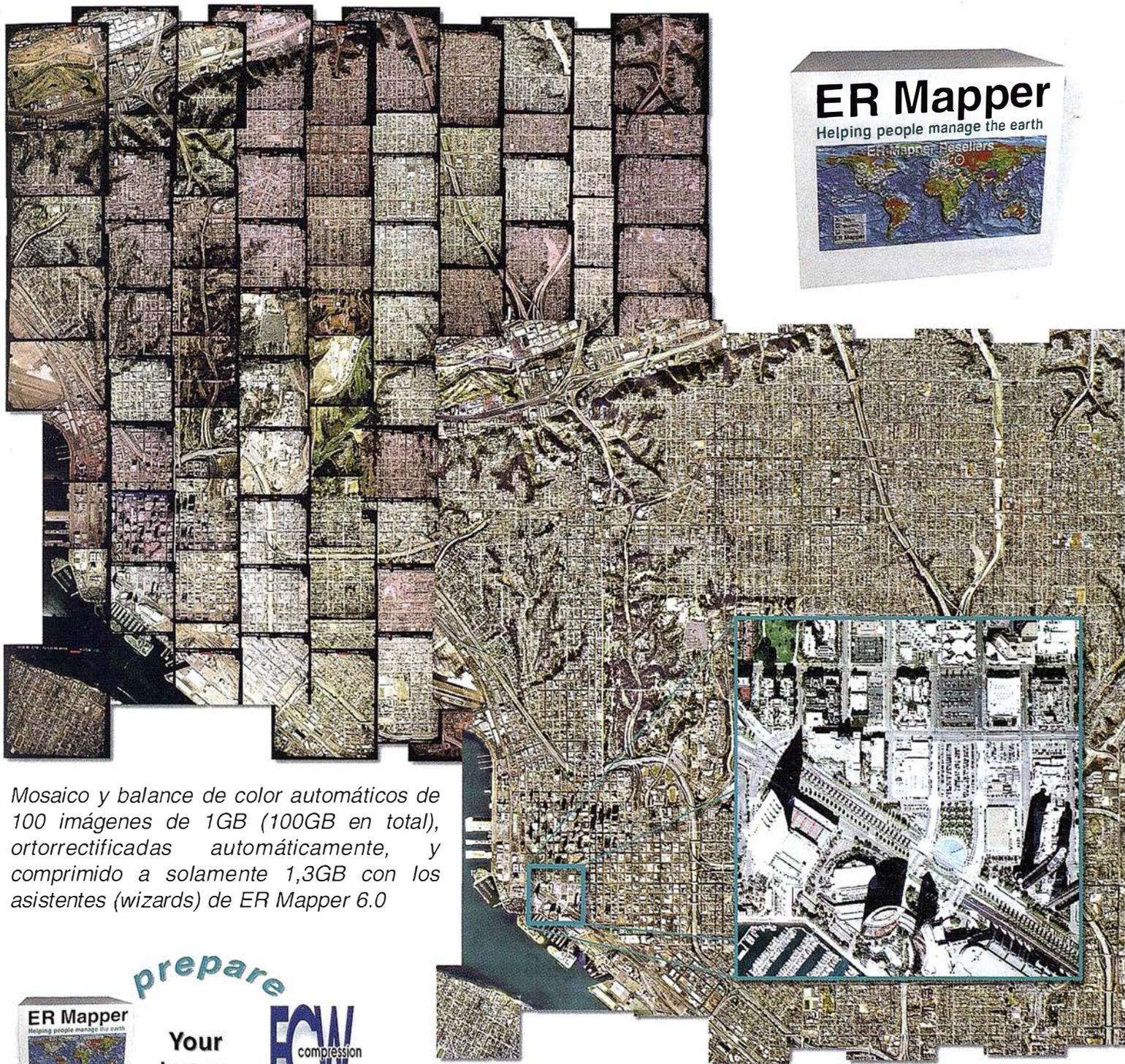
Gallardo, A. (2000) *Elaboración de un modelo para la gestión técnica de residuos sólidos urbanos aplicando técnicas SIG. Aplicación al ámbito geográfico de Castellón*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

Kaseva, M.E.; Gupta S.K. (1996). Recycling -an environmentally friendly and income generating activity towards sustainable solid waste management. Case study - Dar es Salaam City, Tanzania. *Resource, conservation and recycling* N° 17, pág. 299-309.

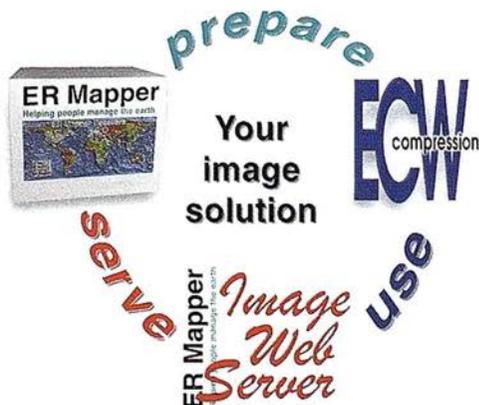
Maystre, L.Y.; Viret, F. (1995). A goal-oriented characterization of urban waste. *Waste Management & Research*. Vol. 13, n° 3, pág. 207-218.

Navarro, J.; Ginestar, D.; Gallardo, A. (1998). Metodología general para la estimación del tamaño del proyecto. Aplicación a la gestión y disposición de residuos sólidos urbanos. *IV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*. Córdoba.

Prepare sus imágenes para usar en cualquier aplicación



Mosaico y balance de color automáticos de 100 imágenes de 1GB (100GB en total), ortorrectificadas automáticamente, y comprimido a solamente 1,3GB con los asistentes (wizards) de ER Mapper 6.0



¡Pruébalo Vd. hoy mismo!
www.ermapper.com

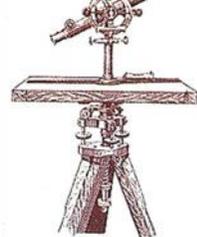
Todas las marcas, nombres de compañías y productos son marcas registradas de sus respectivos propietarios. Las especificaciones del producto están sujetas a cambios sin previo aviso.

ER Mapper

Helping people manage the earth

www.ermapper-spain.com

Oficina para el Mediterráneo
Earth Resource Mapping Spain S.L
Bailen, 1
28280 El Escorial, España
Tel: +34 91 896 0379
Fax: +34 91 896 1243
Email: info@ermapper-spain.com



El Ministerio de Medio Ambiente pone en marcha su Plan de Medios Aéreos contra incendios forestales

Como en años anteriores los medios del Ministerio apoyarán a las Comunidades Autónomas

Los medios aéreos del Ministerio de Medio Ambiente están preparados desde el pasado mes de junio para la lucha contra los incendios forestales durante la campaña de los próximos meses, la época con más riesgo.

Los medios disponibles son 47 aeronaves, de las cuales 20 aviones anfibiaos son del Estado y el resto contratados a empresas privadas. Además se dispone de 6 aviones observadores que envían imágenes de los incendios a las centrales de Operaciones y a las unidades móviles de apoyo a los cuerpos de extinción de incendios.

Las aeronaves se distribuyen por las siguientes bases;

En el área Mediterránea: Zaragoza, Pollensa (Mallorca), Albacete, Reus (Tarragona), Monflorite (Huesca), Manises (Valencia), Caravaca (Murcia), Daroca (Zaragoza) y Prado de Esquiadores (Cuenca).

En el área Centro: Torrejón (Madrid), La Iglesuela (Toledo), Tafalla (Navarra), Malpartida (Cáceres), Pinofranqueado (Cáceres), Puerto del Pico (Ávila), Villares de Jadraque (Guadalajara) y Fombera (Rioja).

En el área Noroeste: Labacolla (Santiago de Compostela), Matacán (Salamanca), Xinzo de Limia (Orense), Rosinos (Zamora), Tabuyo (León), Becerreá (Lugo) y Tineo (Asturias).

En el área de Canarias: Los Rodeos (Tenerife).

Todos los medios aéreos son de cobertura nacional, por tanto, pueden ser desplazados de unas zonas a otras según

el grado de peligro. Los aviones anfibiaos militares estarán situados en Bases Aéreas determinadas por el Ministerio de Defensa.

En los primeros meses de 1999 estos medios aéreos ya han actuado en 49 incendios acaecidos en 11 Comunidades Autónomas. A partir de ahora, en el verano, se montará una red de bases para apoyar los trabajos de extinción de incendios, cuya competencia corresponde a las CC.AA.

El Ministerio tiene previsto invertir en la presente campaña de lucha contra incendios un total de 5.550 millones de pesetas.

Medio Ambiente adjudica las obras del aprovechamiento hidroeléctrico de Sahechores (León)

Con un presupuesto de 2.002 millones de pesetas

El Ministerio de Medio Ambiente ha adjudicado a la unión temporal de empresas formada por Abengoa y Agromán el proyecto, obra e inicio de explotación del aprovechamiento hidroeléctrico de Sahechores, en el término municipal de Cubillas (León).

El presupuesto de estas obras asciende a 2.002.340.714 pesetas.

El objeto de este proyecto es el turbinado de los caudales (40 metros cúbicos por segundo) en el salto producido por el desnivel entre el Canal Alto de los Payuelos y el río Esla. Este salto es de unos 58 metros.

En el azud de Vidanes, en el río Esla, se regulan los caudales procedentes de la presa de Riaño y las aportaciones del arroyo Dueñas. Dicho azud es el origen del Canal Alto de los Payuelos, que transporta los 24 metros cúbicos por segundo asignados a sus riegos y los 40 metros cúbicos por segundo que se destinan a los riegos del Canal Bajo.

La central que ahora se va a construir se ubica en la margen izquierda del río Esla, a unos tres metros por encima de la cota máxima, a unos 800 metros del cambio de sección del Canal Alto de los Payuelos y a unos 300 metros aguas arriba del futuro azud del Canal Bajo.

Aparte de la central hidroeléctrica se construirán, entre otras, la obra de toma de agua en el cambio de sección del Canal Alto de los Payuelos, un canal de derivación, una conducción metálica, un transformador y una línea eléctrica.

Además se urbanizará la zona, se construirán accesos y se integrarán las obras en el paisaje, con la adecuada corrección del impacto medioambiental.

Aprobada la modificación de las obras del trasvase de las Presas del Sur (Trasvasaur), en la Isla de Gran Canaria

El Consejo de Ministros aprobó en su reunión del 18 de junio la celebración del contrato de las obras correspondientes a la modificación número 2 del proyecto de terminación de los túneles III, IV y V y obras accesorias exteriores del trasvase de las Presas del Sur (Trasvasaur), en la Isla de Gran Canaria.

El presupuesto de estas obras de modificación asciende a 2.034.434.504 pesetas.

Las modificaciones introducidas se producen debido a causas técnicas imprevistas al elaborarse el proyecto y consisten en la ejecución de un «Bypass» en los túneles actuales abandonando su trazado por la naturaleza del terreno arcilloso por donde discurren.

Los nuevos túneles se ejecutarán en paralelo a la traza actual con secciones tipo revestidas de hormigón, de acuerdo con los informes y cálculos y con los resultados prácticos obtenidos en las galerías de reconocimiento.

Una nueva forma

"Bajo Licencias de Uso"

Isidoro Sánchez S.A. pone a su disposición los **productos más innovadores** del mercado y la manera **más novedosa de comercializarlos**

JAVAD POSITIONING SYSTEMS

el producto



La última tecnología **GPS** con el mejor soporte **ISSA**

- 1 frecuencia GPS
- 1 frecuencia GPS+GLONASS
- 2 frecuencias GPS
- 2 frecuencias GPS+GLONASS
- RTK optativo en cualquier configuración

Único en el mercado

Ud. puede:

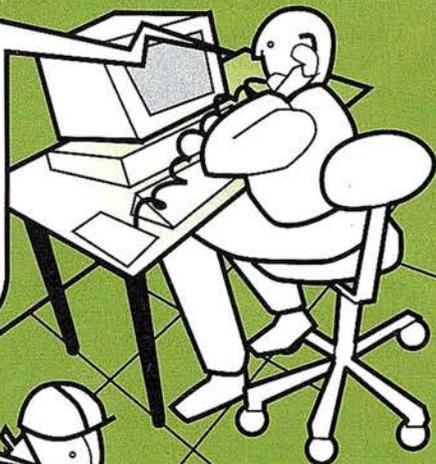
- **Alquilar todo el equipo** disponible en 2/4 días hábiles o deducimos un 1% por cada día de demora en la entrega.
- **Comprar la configuración mínima y alquilar la "Licencia de uso"** . Adquisición de un equipo básico (entre 2 y 4 millones) y alquiler de la Licencia por el tiempo que necesite y en la configuración necesaria para cada trabajo específico.
- **Comprar pagando dilatadamente**, sin intereses, sin trámites, a su medida.
Configuración mínima: entrada + pagos mensuales hasta un año del resto.
- **Comprar configuración mínima y después actualizarla** cuando quiera pagando la diferencia.

de utilizar el GPS

Primeros en
ofrecer este
servicio exclusivo
de Javad

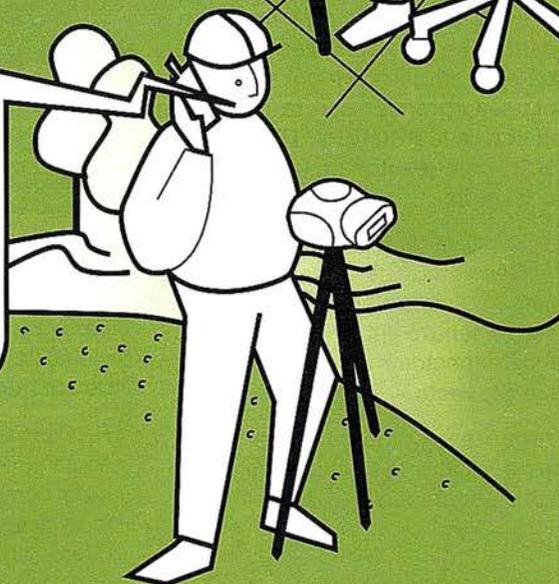
¿Isidoro Sánchez?

Soy el usuario N° 222.
Tengo un equipo GPS de
una frecuencia.
Ahora necesito para el
lunes una licencia de 2
frecuencias para usarla
dos semanas.



¿Isidoro Sánchez?

Soy el usuario N° 333.
Necesitaría una licencia
para un mes, y la quiero
con GLONASS.
Con GPS sólo dispongo
de 2 ó 3 satélites y es
una zona complicada



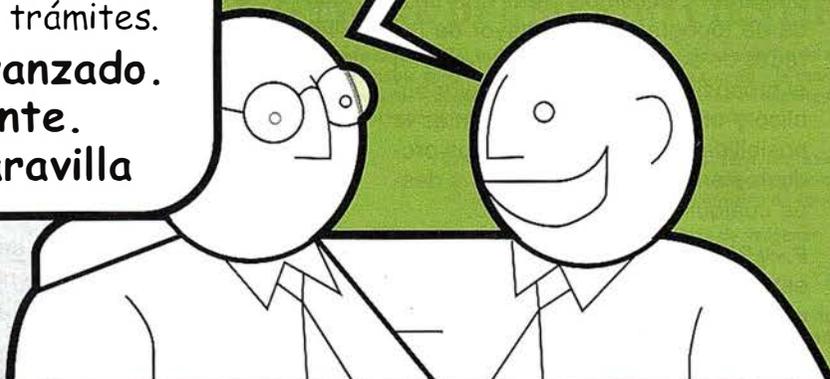
!Estoy como loco! He invertido sólo 4 millones en un Sistema de JAVAD que valía 8. La diferencia la pago en cuotas mensuales durante un año. Así estoy amortizando mi inversión.

Sin créditos, ni intereses, ni trámites.

Tengo el sistema más avanzado.

En ISSA, naturalmente.

Allí me atienden de maravilla



Isidoro Sánchez S. A.
S I S T E M A S G P S

DISTRIBUIDOR DE: **JAVAD**
POSITIONING SYSTEMS

Ronda de Atocha, 16. 28012 Madrid
Tel: 91 467 53 63 • Fax: 91 539 22 16

Luz Arriero, 5. 41010 SEVILLA
Tel: 954 34 05 89 • Fax: 954 34 48 16

www.isidoro-sanchez.com



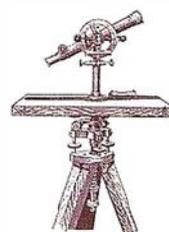
Línea gratuita de Atención: **900 21 01 83**

Roberto Infante le atenderá en el: **636 992 789**



Llámenos y le informaremos

La 1ª tienda virtual de Topografía



Desde el 1 de Septiembre de 1999 el Grupo Atlas constituido por varias empresas del sector de la cartografía, topografía y teledetección se encuentra disuelto en varias compañías. Una de ellas, **Servicios Técnicos Gorbea** se dedica a la venta, alquiler y mantenimiento de material topográfico.

Servicios Técnicos Gorbea fue constituida en 1994 dentro del Grupo de empresas Atlas. Tras desligarse del grupo hace ahora cuatro meses sigue su camino en el complicado mercado de la cartografía.

En estos momentos de innovación y desarrollo, Servicios Técnicos Gorbea apuesta también por ello, y nos quiere sorprender con la puesta en marcha de la **PRIMERA TIENDA VIRTUAL en el sector de la topografía en España.**

La Directora de S.T.Gorbea, Montserrat Sáenz de Ugarte, que lleva en la compañía desde el momento en que ésta se separó del Grupo Atlas cuenta los aspectos más interesantes de este proyecto.

Pregunta.-¿Cómo surgió la idea de lanzar en internet una tienda de material topográfico?

Respuesta.- La idea surgió al ver el crecimiento tan espectacular de las comunicaciones a través de internet. La posibilidad de ser los primeros en este proyecto nos hizo dar un paso adelante. Decidimos crear una tienda de topografía en la mayor de las redes de comunicación, internet, con el propósito de llegar a un mayor público y ofrecer a nuestros clientes la posibilidad de comprar nuestros productos en cualquier momento y desde cualquier lugar del mundo.

P.- ¿El hecho de ser los pioneros en este mercado es positivo o más bien es una dificultad?

R.- En realidad ser los primeros es tanto ventajoso como arriesgado. Pero yo creo que, en este caso, el riesgo es positivo. Aparecer en internet antes que nadie supone una gran ventaja, nos adelantamos al resto, y eso siempre es bueno. Ofrecemos a nuestro cliente un servicio que ninguna otra empresa puede ofrecer en estos momentos.

Quiénes Somos
Contacto
Alquiler
Procedimiento de Compra

TIENDA VIRTUAL

OFERTAS

VENTA Y ALQUILER DE MATERIAL TOPOGRÁFICO

web desarrollado por CTV ACT INTERNET

C/Los Herrán nº1 • 01004 Vitoria-Gasteiz (Alava) • Tel.: 945 128 454 / Fax: 945 121 235 • E-mail:

P.- Ha dicho que su tienda física es Servicios Técnicos Gorbea, pero todavía no ha mencionado la dirección web de su Tienda Virtual.

R.- Bien, en principio iba a ser el mismo nombre, pero creímos que era necesario un nombre más genérico, que al leerlo todo el mundo supiese qué es lo que se ofrecía allí. Por este motivo se decidió darle el nombre de **www.cartotienda.com**.

Se trata, por lo tanto, de una tienda donde se compra, vía internet, todo tipo de aparatos y productos de cartografía y topografía.

P.- Antes ha comentado que ofrecen a su cliente algo que ninguna otra empresa puede darle, ¿qué es eso que ofrecen?

R.- Bueno, está claro, a través de **www.cartotienda.com** nuestro cliente tendrán a su disposición, a cualquier hora del día, información totalmente actualizada de nuestros productos.

Podrán informarse de las características y precios de una amplia variedad de productos topográficos, y lo más importante: podrá adquirir nuestros productos y servicios de alquiler a través de la red a unos precios espectaculares.

Quiénes Somos
Contacto
Alquiler
Procedimiento de Compra

TIENDA VIRTUAL

OFERTAS

VENTA Y ALQUILER DE MATERIAL TOPOGRÁFICO

EL UNIVERSO RSI

IMAGEN DIGITAL

Podrá alquilar receptores de GPS a través de la red y comprar todo tipo de material; desde clavos de señalización, brújulas, GPS de montañismo, hasta (si se anima) Estaciones Totales, Teodolitos y Taquímetros.

P.- ¿Así que los precios en **CARTOTIENDA.COM** serán espectaculares...?

R.- Sí, serán entre un 10 y un 30 por ciento más bajos si la compra se realiza a través de Internet que si se realiza por los medios convencionales. Esta política de precios fomenta la compra vía internet.

Los productos son de igual calidad, son los mismos que se adquieren de manera tradicional pero al venderse de forma automática el costo para la empresa es menor y podemos ajustar más los precios.

P.- ¿Está totalmente desarrollada su tienda virtual **CARTOTIENDA.COM**?

R.- El proyecto tiene una serie de fases, y conforme se vayan cumpliendo unos objetivos se irá avanzando hacia el desarrollo total. Es decir, en un principio, la forma de pago todavía no se realizará vía internet, sino por otros medios más tradicionales. Pero yo espero que no tardemos mucho en poner en marcha el sistema de pago virtual.

P.- ¿A quién va dirigida **CARTOTIENDA.COM**?

R.- Por supuesto a todos nuestros clientes actuales, topógrafos, constructores, aparejadores, geólogos, ... pero además a otro tipo de personas de estos mismos sectores que por su desarrollo y cultura ven Internet como una herramienta más de trabajo, que les permite autoservirse, y no necesitan depender de nadie que les diga dónde tienen que buscar lo que quieren.

P.- ¿Sustituirá, entonces, en un futuro **CARTOTIENDA.COM** a la Tienda Real?

R.- No. **CARTOTIENDA.COM** es un medio que permite a nuestra empresa ser más eficiente y flexible en nuestras operaciones internas y de cara al cliente. Nos permitirá trabajar más estrechamente con nuestros suministradores y dar así mejor respuesta a las necesidades y expectativas de nuestro cliente.

Pero todo esto no lleva a la desaparición de la Tienda Real. En realidad sin una tienda física no seríamos creíbles en la red.

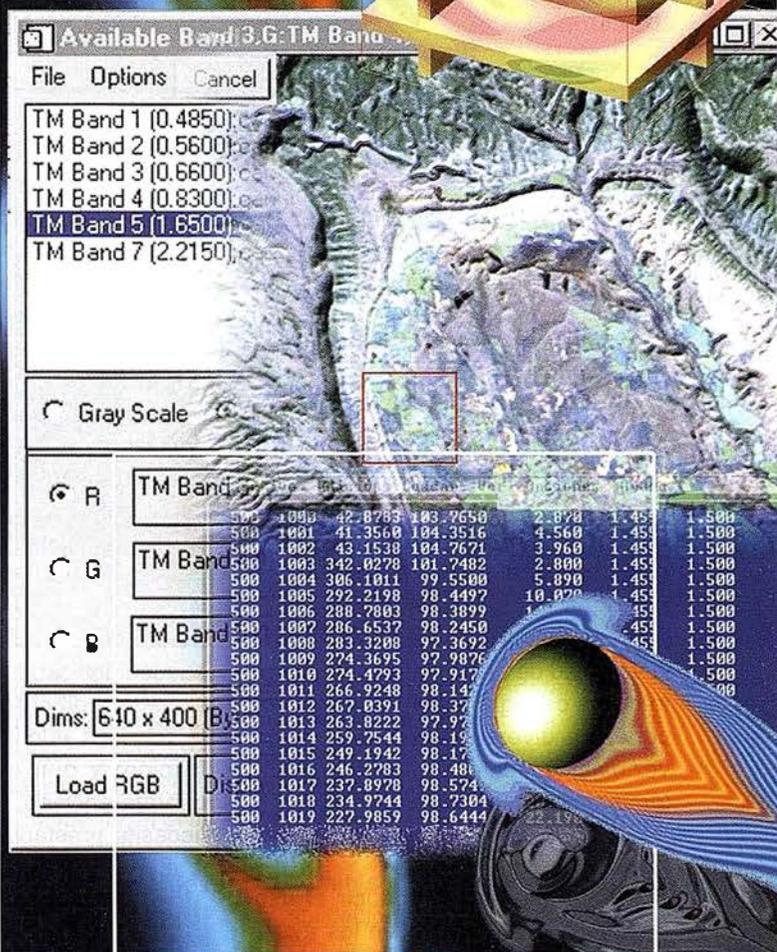
Lo importante es el servicio y calidad de los productos que ofrecemos y si además todo esto lo lanzamos a la red mejor que mejor.

P.- Bueno, y para finalizar, qué ventajas obtendrá su cliente si se conecta a **WWW.CARTOTIENDA.COM**?

R.- Todas. Como ya he dicho le damos la posibilidad de conocernos, conocer nuestro servicio, nuestros productos... todo; y además adquirirlos a precios mucho más ajustados. Todo aquel que se conecte tiene la posibilidad de opinar a cerca de lo que quiera a través de la hoja de contactos disponible en nuestra web.

Puede realizar consultas, comentarios, diseñar su propio producto... se trata de un medio de interactividad gracias al cual todos salimos beneficiados.

Ahora, solo tiene que conectarse a **www.cartotienda.com** y comprobar todo esto que les he contado. Seguro que no se arrepiente.



EL SOFTWARE DEL MUNDO CIENTÍFICO

IDL (Interactive Data Language) y todas las herramientas nacidas a partir de él tienen una presencia insustituible en el mundo de la investigación, la ciencia y la tecnología. Su poder en la lectura, tratamiento y representación de datos es explotada y aprovechada al máximo en esos campos profesionales.



Lenguaje de programación rápido, fácil, portable entre plataformas, integrable con códigos externos y flexible en la importación/exportación de formatos.



Software para el tratamiento de imágenes (multiespectrales, hiperespectrales, de resonancia magnética, ..)



Permite al usuario explotar toda la funcionalidad de IDL en Internet o Intranet. Presenta dos opciones de desarrollo: ION-Script e ION-Java.



Gestión topográfica (a partir de MDT's) y de redes fluviales para el análisis de cuencas hidrográficas.



Este programa permite al usuario todo tipo de análisis y representaciones 2D y 3D sin necesidad de conocer un lenguaje de programación.



Hace más sencilla la programación y a que combina la potencia de IDL con un entorno de programación gráfico, con conectividad entre los procesos.

Distribuidor para España y Portugal:

Tel. y Fax: 91-6590255

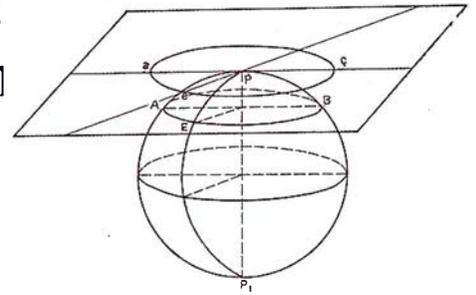
www.grupoatlas.com
software@grupoatlas.com

ESTUDIO



SOFTWARE CIENTIFICO

La implantación de tecnologías de la información geográfica en las corporaciones locales



Josep Gili.
 Director del Departamento de Urbanismo y SIG de ABSIS.

La Administración Local, como organización administradora del territorio y gestora de grandes volúmenes de información, la mayoría de ella georeferenciable, se ha visto tentada en los últimos años por proyectos de implantación SIG como solución integradora de toda su gestión.

La necesidad de conocer a fondo el territorio municipal es consecuencia de la progresiva superación de los procesos alfanuméricos de la información y de la realización de una gestión más eficiente, a la que se suma la voluntad de aumentar el rendimiento de las cartografías digitales de procedencia diversa (CGCCT...), cada vez más frecuentes en nuestros ayuntamientos.

Los fracasos para introducir el uso de la cartografía digital en los ayuntamientos han sido numerosos, dado que casi exclusivamente se han invertido los recursos (tiempo, dinero...) en el aprendizaje de un determinado producto informático, y no se ha realizado un análisis completo de las necesidades reales de organización, estado de los datos, integración de las aplicaciones alfanuméricas existentes, estudio de los requisitos de los diferentes usuarios... Se han generado falsas expectativas debidas a la falta de recursos de tipo informativo y de organización, y a una concepción demasiado ambiciosa y poco realista del proyecto.

La implantación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) en el ámbito corporativo ha de plantearse

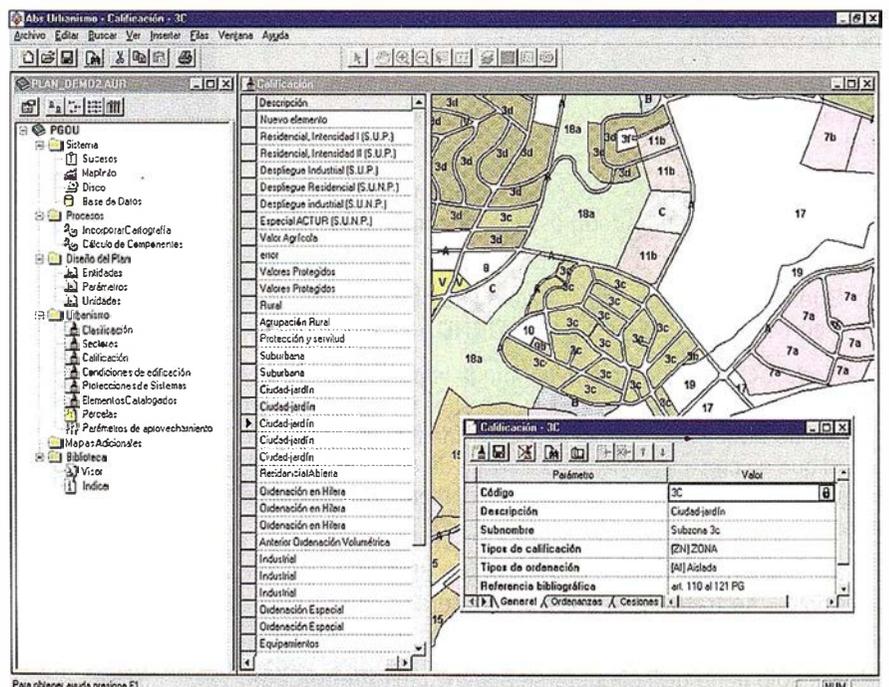
como un objetivo a medio/largo plazo, a consolidar gradualmente y sin que se produzcan rupturas de organización -como sería el caso de la sustitución de las actuales aplicaciones alfanuméricas que utiliza el Ayuntamiento con otras gestionadas a partir del sistema gráfico-. Se trata de poder evolucionar el actual modelo que tenga el ayuntamiento hacia un SIG, independientemente de por dónde se empiece y de qué órgano promueva su implantación.

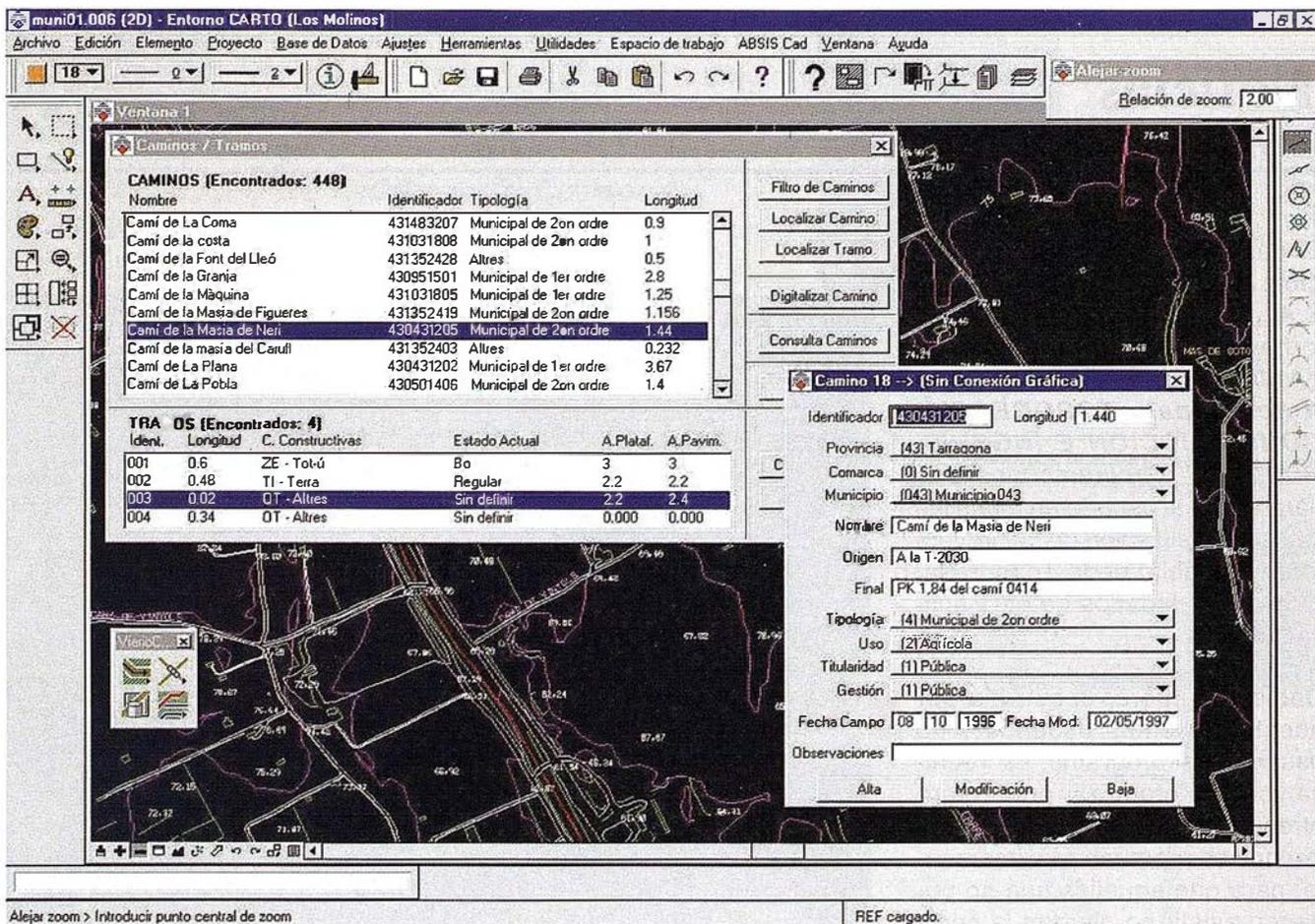
Dentro de una administración local se pueden tipificar diferentes tareas relacionadas con el territorio (básicamente, técnicas, administrativas y de información) y que utilizan información georeferenciada. Cada una de ellas necesita prestaciones diferentes con la mejor solución a sus necesidades,

que se han de traducir en un sistema de información específico y diferenciado, pero a la vez integrado.

Todas estas consideraciones han llevado a ABSIS a elaborar una propuesta (ATLAS) que se basa en un SIG corporativo, integrado y ambicioso que se puede implantar gradualmente de acuerdo con los criterios de adecuación en cada momento a las posibilidades y recursos del ayuntamiento, rentabilidad y seguridad.

El modelo se basa en la referenciación territorial, partiendo del concepto de que el territorio es un elemento clave para una gestión eficaz del municipio, tanto desde el punto de vista urbanístico y técnico (planeamiento, disciplina, obras, infraestructuras, etc.) como





fiscal y de población (mejora de la gestión del IBI, IAE, impuestos, recaudación, población, etc.).

El sistema se compone de un conjunto de elementos que permiten un mejor conocimiento del territorio gracias al uso de cartografía digital, y que garantizan tanto la edición y el mantenimiento de la misma, como la explotación de los datos mediante aplicaciones específicas.

Básicamente la propuesta de ABSIS es orientar el sistema informático actual del ayuntamiento hacia un Sistema de Información Geográfica de carácter corporativo, capaz de difundir de una forma progresiva la utilización de la cartografía digital a los diferentes usuarios del ayuntamiento.

Este planteamiento posibilita que el ayuntamiento, para dotarse de un SIG, no tenga que sustituir sus actuales

aplicaciones informáticas, ni las bases de datos, ni la maquinaria. Supone no incurrir en riesgos y, por otro lado, obtener resultados de una forma muy inmediata. Finalmente, la evolución del Sistema hacia el SIG es gradual -se puede adaptar a los recursos del ayuntamiento en cada momento- y recoger los frutos en cada fase.

El modelo de ABSIS se estructura en tres procesos, cada uno de ellos con los correspondientes aplicaciones y servicios:

1. **Tratamiento de la cartografía digitalizada:** se trata aquí de que el ayuntamiento se encuentre en condiciones de importar las diferentes cartografías, editarias, actualizarlas y exportarlas para seguir el plan de actuaciones definido a priori. Esto supone poder afrontar unos trabajos iniciales de adecuación de la cartografía a los requisitos mínimos y exigidos y en función de las

prioridades que se determinen, y asegurar la permanente actualización que necesita una realidad territorial cambiante.

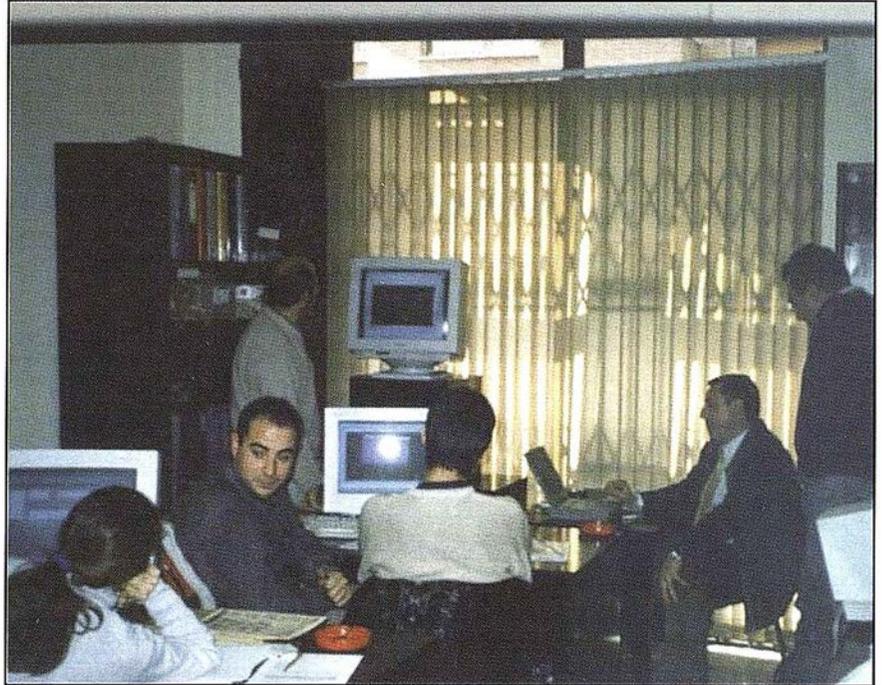
2. **Administración:** integración y consolidación de la cartografía digital con las bases de datos alfanuméricas procedentes de otros subsistemas, a partir de una aplicación que, funcionalmente, realiza las tareas de configuración de servidores y bibliotecas y administrador de tareas.

3. **Explotación de la información cartográfica:** una vez que el ayuntamiento ha fundamentado las bases para disponer de una cartografía correcta, en un plazo más o menos largo, se plantea que línea/s de explotación quiere seguir, en función de las características de las diferentes cartografías digitalizadas de que ya dispone y de las prioridades que se establezcan.



El pasado mes de Enero **Servicios Topográficos La Técnica, S.A.**, impartió con gran éxito unas jornadas de formación sobre la **“Aplicación TCP en entorno Autocad para TOPOGRAFIA, CONSTRUCCION E INGENIERIA CIVIL”**, Programa diseñado para asistir al usuario en todas las fases de realización de un proyecto en el ámbito de la Topografía, dirigidas a usuarios de esta aplicación.

Debido al interés mostrado por nuestros clientes usuarios y no usuarios del programa, La Técnica volvió a organizar en Febrero otras jornadas de carácter similar, que se repetirán próximamente, para que aquellos que no pudieron asistir no pierdan la oportunidad de conocer esta aplicación.



El objetivo de estas jornadas, es proporcionar a nuestros clientes el soporte necesario para que puedan sacar el mayor rendimiento del producto, en este caso el programa TCP, complementando así el ya conocido servicio posventa que ofrece **S.T. La Técnica, S.A.** a todos sus clientes, puesto que nuestro único y último objetivo es lograr que nuestros clientes encuentren en S.T. La Técnica, S.A. todo el apoyo necesario, ya sea comercial, técnico o en este caso didáctico.

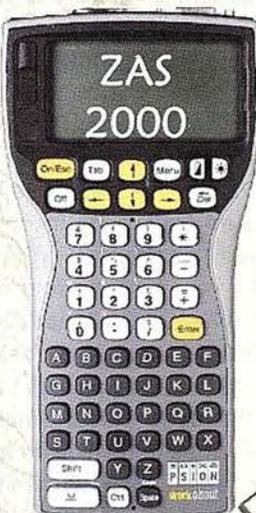
Al mismo tiempo, durante el periodo de duración de estas jornadas, La Técnica ofrece, a aquellos que no conocen la aplicación, pero les interesa estudiar su funcionamiento, la oportunidad de presenciar una demostración in situ o bien llevársela en disquete junto con información complementaria para poder evaluar el producto sin compromiso alguno.



- @ Alquiler
- @ Venta
- @ Reparación
- @ Calibración
- @ Trabajos de Gabinete y Campo
- @ Restitución Fotogramétrica
- @ Aplicaciones Informáticas
- @ Cursos



GPS
Alquiler y Venta



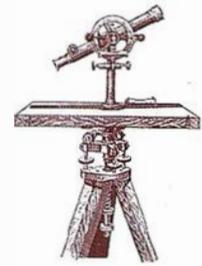
LA TÉCNICA S.A. ha conseguido que su mejor producto sea la satisfacción de sus clientes. No busque más y consulte nuestras promociones, distribuimos todas las marcas y modelos, con el mejor asesoramiento técnico y comercial. Ahora pensando en su economía y sistema de calidad le ofrecemos 3 variedades de Contratos de Mantenimiento para el año 2000.



La Técnica, S.A. **Servicios Topográficos**

C/ Juan de Austria, 30
28010- Madrid
Tlf: 91 4468704 - Fax: 91 4470243
E-mail: latecnica@redestb.es
<http://www.latecnica.com>

Evolución de grandes incendios forestales utilizando NOAA-AVHRR



Rafael M Navarro Cerrillo; Silvia Escuín Royo y Pilar Fernández Rebollo.
Universidad de Córdoba-ETSI Agrónomos y de Montes.

RESUMEN

En este trabajo se expone la metodología y los resultados obtenidos del estudio de evolución de grandes incendios a partir de la información del sensor NOAA-AVHRR. Existen numerosos algoritmos desarrollados para discriminar píxeles con fuegos activos del resto, los cuales se dividen en tres grupos: a) aquellos que se basan en la información del canal 3 (monocanales); b) los que emplean algoritmos a partir de varios canales (multicanales); c) aquellos que además de emplear esta información comparan el píxel con los de alrededor (contextuales). En este trabajo se ha aplicado el algoritmo contextual de Flasse y Ceccatto (1996) para discriminar píxeles que se corresponden con incendios activos del resto e interpretar la evolución del fuego. Para ello se han seleccionado dos incendios: Sierra de Cázulas (Granada) (agosto, 1999) y Valencia (julio, 1994). Los resultados permiten obtener información válida sobre la evolución general del fuego, tanto en superficie, velocidad de propagación y dirección dominante, lo que sugiere que su empleo puede recomendarse para los estudios de comportamiento del fuego, así como en la asignación de recursos en los trabajos de extinción en el ámbito regional y nacional.

1. INTRODUCCIÓN

Los grandes incendios forestales representa uno de los principales problemas en el Mediterráneo, donde todos los años una importante superficie forestal es destruida, y con una

incidencia creciente en número y gravedad (Velez, 1997). La evolución del número de incendios en España, y Andalucía en particular, ha ido en progresivo aumento con picos de mayor intensidad en los años de meteorología más adversa, siendo un 95% de los fuegos incontrolados de origen humano (Rodríguez y Silva, 1994). En estas circunstancias es relativamente frecuente que en el ámbito nacional y regional se produzca una coincidencia de varios eventos del fuego. Hasta la actualidad los inventarios de evolución del fuego se han basado exclusivamente en el intercambio de información entre las diferentes administraciones (nacional-autonómica) o entre responsables a diferentes niveles dentro de la misma administración (técnico de incendios, Centro Operativo Regional); este sistema, aunque útil, presenta limitaciones en la práctica como es la fijación de prioridades durante el trabajo de extinción, el flujo adecuado de información a diferentes niveles, o la coordinación de recursos durante la extinción (falta de fluidez, descoordinación en el tiempo, medios inadecuados, etc.).

Los sistemas de lucha contra incendios han tenido un importante desarrollo, tanto en medios como en eficacia, particularmente en la década de los 90. Los técnicos responsables de estos sistemas de control requieren en la mayor parte de los casos información precisa, ya que la eficacia de sus actuaciones está condicionada por la rapidez en el primer ataque (incendios de <25 ha). Esto supone que es necesario adecuar sistemas de información de alta resolución espacial y temporal en las primeras fa-

ses del incendio. Sin embargo, no debe olvidarse que en muchas ocasiones los conatos de incendios pasan a convertirse en grandes incendios, esta circunstancia crea una nueva situación diferente a la anterior. En este caso, los técnicos de incendios necesitan información cada cierto número de horas (información de alta recurrencia temporal) y, en determinados niveles de decisión, de precisión media, con el fin fundamental de organizar y gestionar los medios de extinción. En este caso las imágenes de satélite tienen un alto valor por su bajo coste, adecuada resolución espacial y temporal y rapidez de interpretación, frente a otras fuentes como los medios terrestres y aéreos (normalmente implicados en la propia extinción), y con independencia del técnico de extinción, lógicamente limitado en tiempo y esfuerzo a la transmisión de información hacia los operarios que trabajan en la extinción. En estas circunstancias, es necesario adecuar la información generada por los satélites para dotar a esta información de la operatividad necesaria que los haga realmente útiles para los técnicos responsables de los programas de control y lucha contra grandes incendios forestales.

En los últimos años se han desarrollado nuevas fuentes de información aplicadas al control de incendios forestales, en particular la procedente de la teledetección, tanto en trabajos de prevención, detección, extinción y evolución posincendio. La calidad y fiabilidad de esas nuevas fuentes ha ido en aumento, empezando a representar una alternativa fundamental en los futuros sistemas

de control de incendios en la región (Robinson, 1991; Navarro *et al*, 1998; Chuvieco *et al*, 1999). No obstante, algunas se basan en propuestas desarrolladas en áreas donde los sistemas de lucha contra incendios no son adecuados, o para grandes superficies donde no existe posibilidad de intervención hasta que el incendio ha recorrido una superficie importante.

Sin embargo, los responsables de la extinción han debatido y siguen debatiendo la utilidad real de esta información, pero en parte esta discusión procede de falta de estudios en cantidad y calidad adecuados que permitan ir adaptando los productos a las necesidades reales de los técnicos de incendios. Aunque han existido propuestas para aplicar la información de satélites con alta resolución temporal al caso de incendios en el mediterráneo, todavía las soluciones propuestas no son adecuadas a las necesidades de los técnicos de incendios, bien por problemas de escala, precisión e incluso adecuación temporal de la información. Muchas de estas aplicaciones, aunque de un notable e indiscutible interés se encuentran todavía en fase de desarrollo, y su empleo no ha sido generalizado hacia los usuarios dada la reticencia de muchos de ellos a la incorporación de nuevas tecnologías, pero también debido a las limitaciones de estas fuentes de información para su empleo directo por parte de los técnicos de extinción. No obstante, esto no debe interpretarse como una limitación de este tipo de información al caso de los incendios forestales en el mediterráneo, sino más bien como la necesidad de adecuar el tipo de información a las necesidades reales. Si nos empeñamos en utilizar la información de los satélites en aplicaciones que son inadecuadas o poco elaboradas lo que se lograra es genera un rechazo de los técnicos de incendios hacia este tipo de información.

Las imágenes NOAA-AVHRR están siendo utilizadas con bastante frecuencia en estudios sobre evolución de incendios forestales (Chuvieco y

Martín, 1994; Fang y Huang, 1998). A pesar de estas aplicaciones del sensor AVHRR para la detección y evolución del fuego, así como la obtención de cartografía relacionada, existen dificultades para el uso operativo de las imágenes. En primer lugar están los problemas derivados de las propias limitaciones del sensor (Martín *et al*, 1999):

- Baja sensibilidad térmica del canal 3 (47°), lo que hace que este canal se sature a una temperatura muy baja (47°C).
- La baja sensibilidad térmica de AVHRR podría también crea problemas de sobrestimación del área quemada.
- Desfase temporal entre el inicio del incendio y el paso del satélite (tiempo estimado = superficie recorrida), lo que condiciona el valor real de este tipo de información para aplicaciones en detección en estados tempranos del fuego. Esta resolución temporal también tiene que ir acompañada de una posibilidad de adquisición y análisis de la información a tiempo real, ya que de otra forma (calidad de las imágenes, tratamiento complejo de la imagen, algoritmos de alto proceso de elaboración, disponibilidad de la información en formatos adecuados a los técnicos, etc.), invalida su posible empleo.
- Necesidad de desarrollar algoritmos más complejos que aumenten la calidad de la información obtenida
- Los baja resolución espacial, implica una limitación insuperable en término de detección diurna de incendios, así como para generar información a escalas adecuadas para la extinción.

Por otro lado están las limitaciones operativas de integración de la información obtenida al conjunto del sistema de lucha contra incendios. Esto depende fundamentalmente de:

- La estructura jerárquica de los sistemas de lucha contra incendios que

no permite, en todos los casos, un flujo eficaz de información entre los niveles de responsabilidad.

- La adecuación temporal del uso de la información (detección, evolución del fuego, extinción) para que esta pueda ser utilizados por los técnicos correspondientes.
- La valoración que muchas veces hacen los técnicos, que parten de la premisa de que esta información no le es útil para sus trabajos de extinción.

2. OBJETIVOS

Aceptando estas limitaciones el proyecto Control FireSat (ENV4-CT97-0479) ha planteado desarrollar nuevas propuestas dirigidas a aplicar algoritmos de detección a partir de imágenes NOAA-AVHRR, para lo cual se han establecido los siguientes objetivos:

1. Estudiar la validez del algoritmo de Flasse y Ceccatto (1996) en los estudios de evolución de grandes incendios en la cuenca del mediterráneo.
2. Generar información numérica y cartográfica adecuada a los trabajos de extinción y gestión de recursos, en escalas medias (1:50.000 y 1:10.000).
3. Analizar con detalle los resultados por comparación de la información obtenida de la evolución del fuego a partir de imagen NOAA-AVHRR, con su evolución real y los modelos disponibles de simulación (BEHAVE).

3.1. Metodología

La metodología propuesta para la aplicación de las imágenes NOAA-AVHRR en el seguimiento de la evolución del fuego fue discutida por el grupo de trabajo que participa en el proyecto, y puede resumirse en los siguientes pasos:



Figura 1. Imagen NOAA indicando la localización de los incendios estudiados.

- Seleccionar un incendio con una superficie adecuada (>500 ha), y con información sobre su evolución espacial y temporal.
- Adquirir todas las imágenes NOAA-AVHRR disponibles durante la evolución del incendio.
- Aplicar el algoritmo contextual de Flasse y Ceccatto (1996) para detectar píxeles con fuego activo.
- Realizar una comparación multitemporal entre imágenes, para generar información cartográfica sobre la evolución del fuego, que debe contrastarse con la obtenida a partir del INFOCA.
- Estudiar el comportamiento del fuego, en comparación con la información generada por programas de simulación (BEHAVE).

3.2. Aplicación del algoritmo de evolución

La metodología que se ha aplicado en este trabajo parte de la propuesta en el proyecto Control FireSat (Martín *et*

al, 1999). Los pasos han sido los siguientes:

- Georreferenciación de las imágenes, mediante el fichero gcc interno y con un fichero de puntos fácilmente identificables en la línea de costa.
- Cálculo de las temperaturas de brillo de las bandas 3, 4 y 5, y de albedos para las bandas 1 y 2.
- Aplicación de máscaras, para eliminar:

Superficies de agua: para lo cual se puede aplicar una técnica simple que consiste en eliminar aquellos píxeles que tienen un valor de NDVI < -0.12 durante un periodo de tiempo representativo.

Máscara de nubes: Aunque se pueden utilizar cualquier otra de las propuestas en la bibliografía, para el proyecto Control FireSat se han propuesto para imágenes diurnas varios criterios que se han aplicado para considerar un píxel como nube:

- $A_1 + A_2 > 120 \%$
- $T_{b5} < 265 \text{ K}$
- $A_1 + A_2 > 85 \%$ y $T_5 < 285 \text{ K}$
- $A_1 > A_2$ y $A_1 + A_2 > 50 \%$

Mientras que para imágenes nocturnas se propone el criterio:

- $T_{b5} < 285 \text{ K}$

Donde A es el albedo del canal i , y T_{bi} es la temperatura de brillo del canal i .

- Algoritmo de Flasse y Ceccatto (1996), consta de tres pasos:

Paso 0: Cortar con una máscara la región

Paso 1: Selección de píxeles con fuegos potenciales:

Se consideraran fuegos potenciales a los píxeles que cumplan:

1. $T_{b3} > 311 \text{ K}$
2. $T_{b3} - T_{b4} > 8 \text{ K}$
3. $A < 20 \%$

Paso 2: Confirmación de los píxeles correspondientes a fuegos activos, por comparación con los vecinos (*background*).

1. Se considerará píxeles *background* todos aquellos que no se han eliminado con las máscaras o que no son píxeles considerados como fuegos potenciales en la fase 1.
2. Cada píxel considerado como fuego potencial se comparará con los píxeles vecinos no considerados fuegos potenciales; es decir, se comparará con los píxeles *background* de una ventana que variará entre un tamaño de 3x3 a 15x15 a su alrededor hasta que incluya al menos 3 píxeles y que ocupen al menos el 25% de la ventana (si esto no se cumple para la ventana de mayor tamaño se considera el píxel como "no fuego").

Se calculará, por tanto para cada ventana que rodea a un fuego potencial:

T_{3b} : Media de la temperatura de brillo del canal 3 del *background*.

T_{3b} : Desviación estándar de la temperatura de brillo del canal 3 del *background*.

T_{34b} : media de la diferencia entre la temperatura de brillo del canal 3 y del canal 4 para los pixeles del *background*.

T_{34b} : Desviación estándar de la diferencia entre la temperatura de brillo del canal 3 y del canal 4 para los pixeles del *background*.

Siendo:

T_{3PF} : temperatura de brillo del canal 3 para el pixel correspondiente a fuego potencial.

T_{34PF} : la diferencia entre las temperaturas de brillo de los canales 3 y 4 para el pixel correspondiente a fuego potencial.

Se considerará al pixel como fuego si se cumple:

1. $T_{3PF} - (T_{3b} + 2 T_{3b}) > 3K$
2. $T_{34PF} > T_{34b} + 2 T_{34b}$

- Teniendo en cuenta que aquellos pixeles etiquetados como "fuego" en una imagen se etiquetarán como "área quemada" en la siguiente imagen, tendremos por cada imagen disponible durante el periodo en el que el fuego se mantiene activo una imagen temática con tres clases: "área sin afectar", "área quemada", "fuego activo". La composición de las mismas permite conocer cómo ha evolucionado el fuego en el tiempo.

3.3. Incendios estudiados

La necesidad de validar la información, así como ver la utilidad en condiciones adecuadas para su aplicación ha hecho recomendable que se empleen dos años diferentes. El incendio de Sierra de Cázulas (Granada) en agosto de 1999 ha servido para desarrollar la aplicación de la metodología en grandes incendios. Por otro lado, para conocer la ope-



Figura 2.- Vista general de la zona afectada por el incendio de Sierra Cázulas (agosto 1999).

ratividad de la metodología en una situación de varios grandes incendios simultáneos se han seleccionado los ocurridos en Valencia (julio de 1994), por la importante superficie afectada, y el empleo de numerosos medios de extinción.

3.4. Material de apoyo

Finalmente, la forma de optimizar el empleo de la información suministrada por el satélite NOAA-AVHRR, es representarla sobre bases cartográficas previas que permiten conocer las condiciones particulares en las cuales se está produciendo el incendio. En Andalucía se dispone para todo el territorio de las siguientes bases cartográficas:

1. Mapa rasterizado a escala 1:50.000 y 1:10.000 con información de curvas de nivel e infraestructuras.
2. Mapa de vegetación (LANDCOVER y Mapa Forestal de España) y mapa de modelos de combustible.

En todos los casos esta información se emplea como fondo cartográfico, tanto durante la evolución del incendio, como para su representación y estudio posterior.

4. RESULTADOS

4.1. Ignición y evolución del fuego

El estudio multitemporal de imágenes permite comprender el proceso de ignición y localización inicial del incendio y posteriormente estudiar el patrón de propagación del mismo (Figura 3; Tabla 1).

El incendio de Sierra de Cázulas comenzó en la parte oriental de la misma, en concreto en la carretera Granada-Motril. El fuego se propaga rápidamente por toda la vertiente norte de la Sierra en un terreno de topografía muy accidentada con presencia de grandes laderas, surcadas por barrancos profundos. La vegetación inicialmente afectada fue matorral bajo espinoso (garriga degradada y pies dispersos de *Pinus halepensis* Mill. y *P. pinaster* Ait.) procedente de regeneración postincendio ($v_f = 4$ km/h). Las condiciones especialmente favorables para la propagación del fuego, viento del levante y combustibles de alta inflamabilidad (modelo 4) facilitó la rápida propagación hacia la parte occidental de la Sierra, afectando amplias zonas de matorral de-

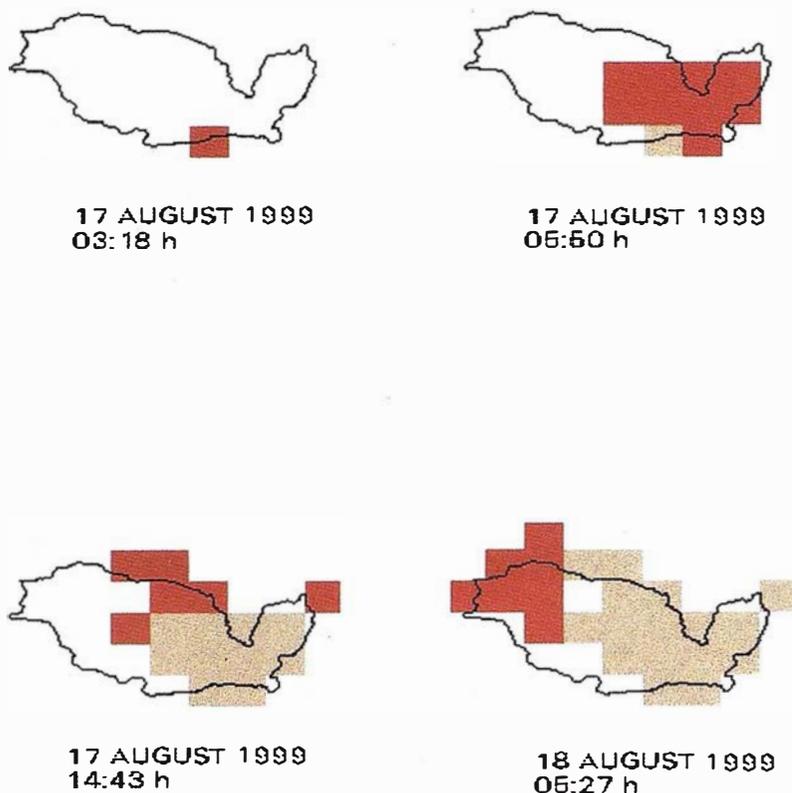


Figura 3.- Evolución del incendio de Sierra Cázulas a partir del estudio multitemporal de imágenes NOAA-AVHRR (perímetro real en negro).

gradado y matorral alto (*Adenocarpus decorticans* Boiss) y restos de pinar adulto, con un enclave singular de pino salgareño (*Pinus nigra* Arnold subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco) ($v_f = 1.35$ km/h). La posibilidad de ir controlando el incendio en la parte inferior del mismo, apoyando los medios sobre un camino principal que surca la Sierra, permitió evitar la propagación hacia el norte, quedando restringida su evolución a la parte más alta de la Sierra, donde existe una vegetación de escaso porte, y hacia el oeste sobre zonas de umbría con vegetación arbórea de pinar. La evolución nocturna del fuego, con una pérdida de velocidad del mismo ($v_f = 0.61$ km/h), permitió finalmente controlarlo y extinguirlo a lo largo de la noche del 18 de agosto.

5. DISCUSIÓN

Las limitaciones del sensor NOAA-AVHRR para la detección de grandes incendios (resolución temporal y espacial), son de menor importancia cuando se trata del estudio de evo-

Fecha y hora	Tiempo (h)	Superficie estimada (ha)	Superficie acumulada (ha)	Tipo de vegetación	Tipo de combustible	Tipo supuesto de incendio	Pendiente (%)	Velocidad estimada (km/h)	Perímetro (m)
17-08 03:18		100		Garriga degradada con pies dispersos de pino	4	Superficie	45		5025
17-08 05:50	2:30	1000	1100	Matorral con pies dispersos de pino	4	Superficie	45	4	17800
17-08 14:43	8:10	1100	2200	Garriga degradada con pies dispersos de pino	4	Superficie	50	1.35	25100
18-08 05:27	14:45	900	3100	Matorral alto con pinar	4	Superficie Copas	45	0.61	29300
Total	25:45		3100		4		46	1.98	

Tabla 1.- Evolución del incendio de Sierra Cázulas a partir de la imagen NOAA-AVHRR .

lución de grandes incendios, en cuyo caso se estudia un evento ya en proceso y por tanto con otras necesidades de información. El tipo de información obtenida va dirigido a mejorar las condiciones de seguimiento del fuego y a la asignación de recursos. Por otro lado, este tipo de información es también bastante valiosa cuando se trata de hacer estudios de los modelos teóricos de comportamiento del fuego, que necesita ser validados en campo a partir del estudio de situaciones reales en grandes incendios, información que normalmente es casi imposible de obtener dadas las dificultades para registrarla durante los incendios.

La aplicación de la teledetección por parte de sus potenciales usuarios indudablemente está implicando un salto tecnológico significativo. En especial, de acuerdo a la experiencia que se posee, la toma de decisiones se ha realizado con apoyo de información suficiente y veraz suministrada por los técnicos de extinción. No obstante, resulta evidente que esta información puede, y debe, ser complementada por aquella suministrada por otras fuentes. Los estudios de evolución de grandes incendios empleando imágenes NOAA-AVHRR, de acuerdo a la propuesta metodológica realizada en el proyecto Control FireSat, podría utilizarse en dos situaciones diferentes:

a. Evolución del incendio a tiempo real, apoyando la toma de decisiones en la asignación, movilización y coordinación de recursos requeridos para la extinción (Tabla 2). La programación de operaciones permite optimizar la asignación diaria de recursos móviles disponibles para el combate de acuerdo a la evolución posible del fuego y del índice de peligro del día, el que se determina sobre la base de la información meteorológica del día anterior y los pronósticos para la jornada de ejercicio. Esto es particularmente importante cuando se producen varios incendios simultáneos (Figura 3; Tabla 3). El tipo de información

Recurso humanos			Recursos materiales			
INFOCA	ICONA	Local	Aéreos	Vehículos de extinción	Unidades especiales	Tractores
INCENDIO DE SIERRA DE CAZULAS						
798	72	38	6 aviones 8 helicópteros	16	3 UMMT 1 UNASIF	8

Tabla 2.- Medios empleados durante la extinción en Sierra Cázulas-Granada.

Recurso humanos			Recursos materiales			
INFOVA	ICONA-Ejército	Local	Aéreos	Vehículos de extinción	Unidades especiales	Tractores
INCENDIO DE REQUENA						
144	360	330	6 aviones 3 helicópteros	2		4
INCENDIO DE MILLARES						
148	240	275	8 aviones 3 helicópteros	21		2
INCENDIO DE FONTANAVS DELS ALFOVINS						
236		315	4 aviones 3 helicópteros			5
528	600	920	18 aviones 9 helicópteros	23		11

Tabla 3.- Recursos utilizados en la extinción de los incendios de Valencia.

que puede suministrarse sería de tres tipos:

- Clasificación del incendio, a través de las medidas de peligro, la posición del foco y la conflictividad potencial del incendio en cuanto a dificultad de control y las pérdidas que puedan generarse. Clasificación del incendio de 1 a 10.
- Estimación de recursos para el combate, caracterizando la conflictividad del incendio en diferentes momentos y los requerimientos de recursos para lograr el control en cada momento, permitiendo determinar la mejor opción de asignación de recursos para el combate para cada uno de los tiempos objetivos definidos (horas/días) y de acuerdo a las cantidades y tipos de medios que posee la organización.
- Suministro de las coberturas de información contenidos en las bases de datos y cartográficas disponibles, tales como riesgo, combustibles, daños potenciales, topografía, acce-

sibilidad, infraestructuras de apoyo, establecen el fundamento básico para la planificación espacial del manejo del fuego.

b. Estudio postincendio, permitirá conocerse el desarrollo de la propagación del incendio y los medios empleados para su control, evaluando las alternativas tomadas y los trabajos de extinción realizados:

- La simulación del comportamiento del fuego, longitud del perímetro, esfuerzo de control, o nivel de daños. Esta información podría ser bastante útil para mejorar la simulación de programas de simulación de incendios tales como BEHAVE o comprobar su eficacia.
- Evaluar la asignación de recursos, la toma de decisiones, así como la eficacia del diseño de la organización para las operaciones extinción.
- Mejorar los niveles de eficacia en la protección, el intercambio de infor-

	Velocidad (km/h)	Rumbo (°)	Superficie (ha)	Perímetro (m)	L/A	Distancia propagación adelante (m)	Distancia propagación atrás (m)	Anchura máxima (m)
Incendio		90	2147		2.6	4000	100	1820
Imagen NOAA-AVHRR	1.98	85	2300	28000	2.9	4500	100	2000
Simulación (BEHAVE)	1.08	83	1751	19250	3.5	8652.3	184.3	2525.5

Tabla 4. Comparación de la evolución real del fuego con respecto a la información de las imágenes NOAA-AVHRR y la simulación en las primeras ocho horas con el programa BEHAVE.

6 JULY 1994
06:48 h



6 JULY 1994
18:02 h



Figura 4. - Evolución de grandes incendios simultáneos en Valencia (1994).

mación, la capacidad tecnológica y la ejecución de operaciones conjuntas.

AGRADECIMIENTOS

La investigación presentada en este artículo ha sido posible gracias al proyecto de investigación *Design of a framework for producing and providing Earth Observation based information services for forest fires management at European and local level* (ENV4-CT97-0479), de igual forma queremos agradecer la colaboración de Francisco Rodríguez Silva (Conse-

jería de Medio Ambiente-Junta de Andalucía) y Javier Hermoso de Mena (Consejería de Medio Ambiente-Generalitat de Valencia).

BIBLIOGRAFÍA

Chuvieco, E. (Ed) 1999. *Remote Sensing of large wildfires in the European Mediterranean Basin*. Ed. Springer. Amsterdam.

Chuvieco E, Martín MP 1994 *A Simple Method for Fire Growth Mapping Using AVHRR Channel 3 Data*. International Journal of Remote Sensing 15 : (3141-3146).

Fang, M. y Huang, W. 1998. *Tracking the Indonesian forest fire using NOAA-AVHRR images*. International Journal of Remote Sensing, 3 : (387-390).

Flasse, S. y Ceccato, P. 1996. *A contextual algorithm for AVHRR fire detection*. International Journal of Remote Sensing 2 : (419-424).

Martín, P.; Salas, J.; y Chuvieco, E. 1999. *Fire detection and fire growth monitoring using NOAA-AVHRR data*. Control-Fire-Sat Project.

Navarro, R.; Navarro, C.; Salas, F. González, M.; Fernández, P. y Rodríguez, F. 1998. *Evaluación de grados de afectación producidos por un incendio. Aplicación de imágenes LANDSAT-TM a su caracterización y seguimiento*. Mapping 44 : (37-47).

Navarro, R.; Escuín, S.; y Fernández, P. 2000. *Evolución de grandes incendios forestales utilizando NOAA-AVHRR*. Mapping (aceptado).

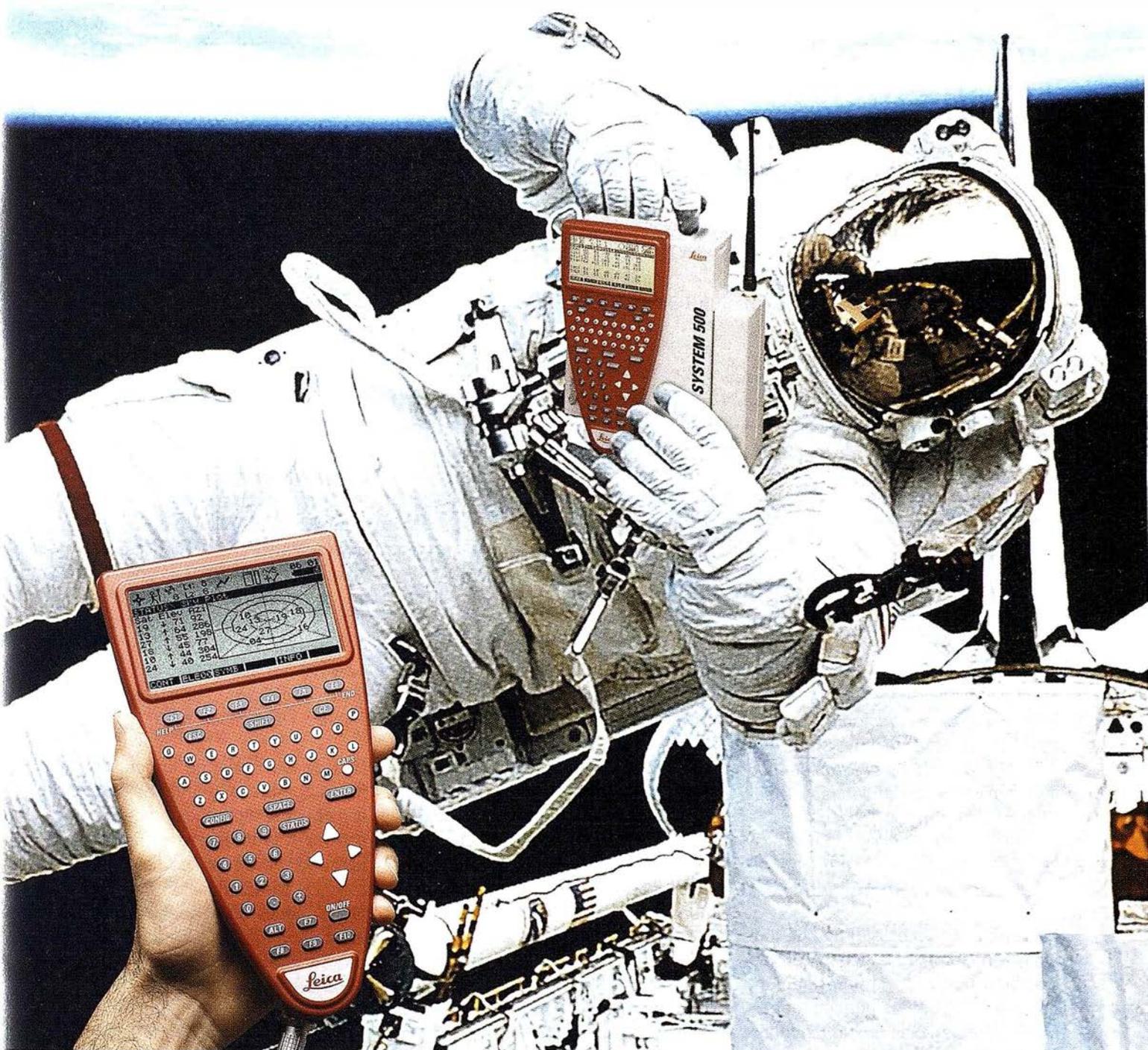
Robinson J. 1991 *Fire from space: global fire evaluation using infrared remote sensing*. International Journal of Remote Sensing 12 : (3-24).

Rodríguez y Silva, F. 1994. *Las medidas preventivas en la defensa contra los incendios forestales*. III Jornadas sobre incendios forestales. ETSIAM-UCO.

Velez, R. 1997. *1848-1997 en la defensa contra incendios forestales en España*. Montes 53 : (51-62).

30 40 50

System 500... el amanecer de una nueva era



GPS 01-99s

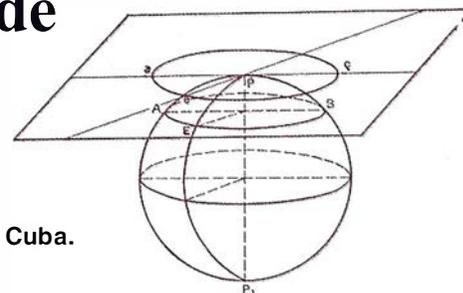
«Un Pequeño Paso para el Hombre, Un Salto de Gigante para...» Nuevo System 500 de Leica, el Nuevo Estándar Mundial en Topografía GPS. Con él, su trabajo se hará más fácil. El System 500 ha sido concebido para el más alto rendimiento, desde su reducido tamaño y bajo peso hasta su diseño modular, y a un precio que usted puede afrontar. Es la mejor solución GPS para cualquier aplicación, disponiendo

en un mismo equipo de dos configuraciones, todo en bastón o en mochila, ya sea en coche, barco o cualquier medio de transporte. No más barreras gracias a sus baterías fácilmente insertables y tarjetas PCMCIA de gran capacidad. Es un pequeño paso para el hombre, pero un salto de gigante para la topografía. Contacte con nosotros a través del +41 71 727 31 61 (Europa) o través de su representante local.

Leica

MADE TO MEASURE

Estudio comparativo de la temperatura superficial del mar detectada vía satélite y por mediciones In Situ al Norte de Cuba y NE de la Península de Yucatán



Ms. Sc. Sergio Cerdeira Estrada.

Ms. Sc. Nelson Melo Ginzález

Departamento de Oceanografía. Instituto de Oceanología. La Habana, Cuba.

Dr. Frank E. Müller Karger.

Ms. Sc. Roberto Pérez de los Reyes.

Departamento de Ciencias Marinas. Universidad del Sur de la Florida (USF).

Se estudia la temperatura superficial del mar al Norte de Cuba y NE de la Península de Yucatán, utilizando métodos de teledetección; para ello se realiza un estudio comparativo entre los resultados obtenidos en el procesamiento de imágenes de satélite y mediante mediciones in situ. Se genera una paleta de colores que amplifica la representación de la variabilidad espacio-temporal de la TSM y se aplica la metodología desarrollada para caracterizar un frente hidrológico al NE de la Península de Yucatán mediante imágenes de satélites.

Introducción

La Teledetección es el grupo de técnicas que permiten la adquisición de distintos tipos de geoinformación, entre ellas, sobre las propiedades físicas de superficies u objetos, a distancia, o sea, sin contacto directo con ellos. Esto se realiza, generalmente, analizando alguna forma de imagen, que es procesada e interpretada para producir datos que pueden tener aplicación en diferentes campos, como pueden ser: agricultura, geología, geografía, oceanografía, vegetación natural, arqueología, planeación, urbanización y otras especialidades. Para ello se requieren sensores aerocósmicos, tecnología para la re-

cepción de los datos captados por los sensores y medios técnicos para el procesamiento de ésta información.

La Teledetección constituye una vía de mirar el entorno de un modo diferente al que podemos ver con nuestro sistema visual, es un modo de tener información sobre tendencias de diferentes parámetros y perspectivas temporales sobre grandes áreas a gran escala. Esto nos permite observar cambios en lapsos de tiempos que van desde minutos a décadas. Por otro lado, esta técnica es utilizada no solo para estudiar cambios en la superficie de la tierra y en la atmósfera, sino que es utilizada con efectividad para «mirar a través de las nubes» y las masas de agua.

Para alcanzar el actual desarrollo de la Teledetección se ha requerido de todo un conjunto de investigaciones multidisciplinarias, la mayoría de las cuales está relacionada con la física, la electrónica y el procesamiento de imágenes, estando bien definido actualmente, que la Teledetección constituye una nueva rama de la física, cuya trascendencia en otras ramas de la ciencia, la técnica y la economía comienza a ser tan relevante como la electrónica, las comunicaciones o la computación. De hecho, estas tres han sido parte fundamental para el desarrollo actual de la Teledetección.

Uno de los sensores que están en funcionamiento actualmente por la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) de los E.U.A. es el Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), colocado a bordo de los satélites NOAA-12 y NOAA-14, los cuales proporcionan información de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en modo de alta resolución *High Resolution Picture Transmission* (HRPT).

Una de las metas de la oceanografía es determinar y entender a escala global y sinóptica los procesos que controlan la variación espacio-temporal de los elementos físicos en el mar. La caracterización de los procesos físicos en el océano es difícil tanto en el espacio como en el tiempo, de aquí la utilidad de los sensores remotos como herramienta que permite hacer estudios regionales dinámicos de estos procesos. El estudio de parámetros y fenómenos oceanográficos asociados a la distribución térmica superficial del océano (corrientes, surgencias, frentes oceánicos, etc.) puede ser llevado a cabo mediante imágenes térmicas captadas por los satélites antes mencionados.

Los buques de investigación han sido utilizados para estos estudios, pero resultan muy lentos cuando se pre-

tende caracterizar la variabilidad térmica en acuatorios extensos. La observación mediante métodos de Teledetección resuelve esta problemática y permite una visión sinóptica y global de los fenómenos.

El estudio del entorno oceánico de Cuba resulta importante para caracterizar a escala regional los procesos que controlan la variación del clima oceánico. Por otro lado, los datos publicados sobre esta región presentan en algunos casos aspectos contradictorios que requieren estudios complementarios, para lo cual la Teledetección constituye una herramienta poderosa.

TEMPERATURA DEL MAR

Existen varios fenómenos marinos que pueden ser detectados por la temperatura del agua. Tal es el caso de las grandes surgencias próximas a las costas, las corrientes marinas, los aportes terrígenos naturales o producto de la actividad humana, etc.

El estudio de las diferencias de temperatura en el medio marino es fundamental para preservar la flora y la fauna, que no pueden vivir a partir de cierta temperatura, ya que en aguas tropicales éstos se encuentran cerca del límite superior de tolerancia de éste parámetro.

La Temperatura Superficial del Mar (TSM) es uno de los factores más importantes en la predicción mensual o estacional del clima a corto plazo a nivel mundial [Tokioka, T., 1983]. La TSM es muy útil en el estudio del fenómeno «El Niño - Oscilación del Sur» como uno de los eventos principales de variabilidad climática a escala global.

Objetivo

En este artículo se aborda la caracterización e interpretación de la información del entorno marino de Cuba procedente de sensores cósmicos térmicos; se analizan las técnicas y métodos de procesamiento, así como los aspectos básicos del funcionamiento de cada una de las

partes inherentes a la técnica de Teledetección y la interacción entre ellas.

Nuestro objetivo es el estudio comparativo de la temperatura superficial del mar vista por satélites y mediante mediciones *in situ* en los polígonos del Norte de Cuba y NE de la Península de Yucatán, para implementar estos métodos en los estudios oceanográficos regionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se procesaron imágenes del sensor cósmico *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) que proporciona datos de temperatura superficial del mar. Se analizaron, además, datos *in situ* de TSM obtenidos mediante equipos oceanográficos.

SENSOR CÓSMICO TÉRMICO AVHRR

Cada satélite de órbita polar NOAA porta un sensor radiómetro avanzado de muy alta resolución *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR). Este sensor es utilizado en investigaciones de meteorología, oceanografía, en la determinación de parámetros hidrológicos, y en las mediciones de radianza emitida y reflejada en varias bandas espectrales, midiendo desde la porción visible del espectro a la infrarroja térmica. Este sensor es utilizado fundamentalmente en la determinación de la TSM y para explicar la distribución de otros fenómenos biofísicos oceánicos superficiales asociados a la TSM.

Actualmente se encuentran en operaciones los satélites NOAA 12 y 14. El NOAA-12, activo desde el 14 de mayo de 1991, y el NOAA-14 desde el 30 de diciembre de 1994. Los canales 1 y 2 son utilizados para discernir nubes, fronteras tierra agua, características ópticas de las aguas y el monitoreo del índice de vegetación terrestre; los canales 3, 4 y 5 son utilizados para la medición de la temperatura de las nubes y la superficie del mar y para la caracterización de la cobertura nubosa en la noche

(Tabla 1). Los datos HRPT de imágenes de alta resolución (1 x 1 km.) son transmitidos en tiempo real a estaciones terrestres para que sean almacenados y luego procesados en estaciones de trabajo.

Canales	Gama espectral (nm)
1	580 a 680 (visible verde)
2	725 a 1 100 (infrarrojo cercano)
3	3 550 a 3 930 (infrarrojo térmico)
4	10 300 a 11 300 (infrarrojo térmico)
5	11 500 a 12 500 (infrarrojo térmico)

Tabla 1: Bandas espectrales del sensor AVHRR a bordo de los satélites NOAA 12 y NOAA 14.

MEDICIONES DE TSM *IN SITU* MEDIANTE SENSORES EN BARCOS

Mediciones al Norte de Cuba

Se ejecutó un crucero oceanográfico en la zona oceánica norte de la Isla de Cuba en el Buque de Investigaciones Científicas (B.I.C.) ULISES, del 8 al 18 de febrero de 1997 (con 119 estaciones) (Fig. 1).

En este crucero se obtuvo la TSM a través de una botella Nansen colocada a menos de 1 m debajo del nivel del mar y se midió, además, con un termómetro de cubeta. El termómetro del batómetro tiene una precisión de $\pm 0.02^\circ\text{C}$. Con el termómetro de cubeta se obtiene una muestra de los primeros 10 cm de la superficie marina con una precisión de $\pm 0.1^\circ\text{C}$.

Mediciones al NE de la Península de Yucatán

Se efectuó un crucero oceanográfico (Ergoclina II) a bordo del BIC mexicano "Justo Sierra", lográndose obtener mediciones *in situ* de TSM al NE de la Península de Yucatán del 20 al 25 de marzo de 1995. La red de estaciones cumplimentada se muestra en la Fig. 2.

En cada estación se realizó la medición de la TSM con el equipo de sondeo hidrológico CTD, por sus siglas en inglés *Conductivity Temperature Depth*, con un error en la medición de temperatura de 0.01°C .

TRATAMIENTO DE LAS IMÁGENES DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

Simultáneo a la ejecución de las mediciones *in situ* con los Buques de Investigaciones Científicas (B.I.C.) «Ulises» (de Cuba) y «Justo Sierra» (de México), fue recibida diariamente las imágenes del sensor AVHRR en modo alta resolución HRPT de los satélites NOAA 12 y 14, del Golfo de México, el Mar Caribe occidental y de todo el territorio de Cuba. Para ello se utilizó la estación receptora de imágenes SeaSpace de TERASCAN, ubicada en el Departamento de Ciencias Marinas de la Universidad del Sur de la Florida (USF), en St. Petersburg, Florida, EUA.

Las mediciones satelitarias de TSM están basadas en la observación de la radiación emitida por la superficie del océano, en elementos de imagen de 1 x 1 km., usando el radiómetro AVHRR en diferentes bandas infrarrojas.

Los datos HRPT llevan consigo información de la posición de cada uno de los datos. Sin embargo, a menudo, ésta no es exacta por las imprecisiones originadas en las inexactitudes del reloj del satélite y del seguimiento del horizonte. La navegación de la imagen corrige estos errores ajustando los parámetros de tiempo, haciendo que cada pixel tenga la latitud y la longitud correcta. El proceso puede realizarse de manera semiautomática correlacionando los datos de la línea de costa provenientes de una base de datos con la imagen o bien de manera manual ajustando por un operador los parámetros anteriormente mencionados. Todas las imágenes analizadas se navegaron manualmente para posicionar correctamente cada pixel en las imágenes sucesivas.

La calibración constó de dos pasos. El primero hace una transformación de voltage (*sensor counts*) a radiancia (siguiendo una ecuación: $L = a + b \cdot V$). En el segundo, la radiancia es convertida a temperatura radiativa (invirtiendo la ecuación de Planck) en el caso de los canales 3, 4 y 5 (térmicos), o a albedo en el caso de los

canales 1 y 2 (visible). En el caso de los canales 1 y 2, los parámetros de calibración se fijan antes del lanzamiento del sensor y ya no se vuelven a calibrar. En el caso de los canales infrarrojos 3, 4 y 5, se calibran en tiempo real simultáneamente a la adquisición de la radiancia superficial usando la temperatura de dos cuerpos negros (espacio ~3K, objeto a bordo ~300K).

La detección y eliminación de pixeles contaminados con nubes se realizó dependiendo de si se trabajaba con imágenes diurnas (en las que se puede utilizar el canal 2) o nocturnas. El algoritmo utiliza una serie de criterios (con un umbral) para evaluar si cada pixel está o no «contaminado» por nubes. La física en la que se basan los criterios es: la radiancia observada en el mar es más uniforme que en zona de nubes; la temperatura de brillo en los canales térmicos 3, 4 y 5 ha de estar correlacionada y ha de seguir la fórmula de Planck; y la diferencia entre las temperaturas de brillo de los canales 3 y 4 ha de ser menor que 0.7 K (permite eliminar estratos).

Las imágenes de radiancia infrarroja de los pases orbitales sobre la zona de los satélites NOAA 12 y 14 fueron transformadas en imágenes de temperatura superficial y remapeadas a la proyección cónica conforme de Lambert con red de coordenadas cada 1 grado. La TSM fue calculada a partir del método de procesamiento simultáneo de imágenes térmicas en dos bandas espectrales, Multi-Channel Sea Surface Temperature (MCSST) [McClain, 1985].

Se le hizo un mejoramiento al histograma de cada cuadro para lograr enfatizar y visualizar mejor los rangos de temperatura presente y los fenómenos superficiales con gradientes de temperatura mayor de 0.2 °C.

MODIFICACIONES A LA PALETA DE COLORES EN LAS IMÁGENES TÉRMICAS

Una selección adecuada de la paleta de colores permite distinguir fenómenos oceanográficos superficiales

y delimitar cuantitativamente con mayor precisión los gradientes de temperatura superficial. Para optimizar anteriores diseños de esta paleta de colores y adaptarla a nuestra región geográfica (entorno oceánico de Cuba), en este trabajo se diseñó una paleta con 256 colores para imágenes de TSM que garantizara un máximo contraste en los valores de temperatura en el rango 20.3°C hasta los 32.5°C, que representa el intervalo de temperatura más importante a analizar en esta región oceánica.

Resultados

PROCESAMIENTO DE DATOS *IN SITU* Y DEL SENSOR TÉRMICO CÓSMICO AVHRR EN ZONAS OCEÁNICAS AL NORTE DE CUBA

Se expone el resultado obtenido al comparar las mediciones obtenidas de TSM por sensores cósmicos e *in situ* en cruceros oceanográficos al Norte de Cuba y NE de la Península de Yucatán.

Se trazó sobre un mapa la distribución superficial de TSM, a partir del conocimiento de datos obtenidos *in situ* en 119 estaciones oceanográficas al Norte de Cuba, llevadas a cabo a través del crucero oceanográfico a bordo del BIC «ULISES», del 8 al 18 de febrero de 1997 (Proyecto Ulises-2) (Fig. 1). La TSM *in situ* observada al Norte de Cuba muestra algunas anomalías de aguas cálidas al Norte de Pinar del Río (Cuba) y un incremento en la TSM de Este a Oeste en la costa Norte de Cuba.

Se procesaron las imágenes diarias de TSM del sensor AVHRR NOAA-14 para el período del crucero «Ulises 2» obteniéndose una imagen promedio de TSM de las mediciones *in situ*.

Correlación entre datos de TSM *in situ* al Norte de Cuba y los datos del sensor térmico AVHRR del NOAA 14

Con el fin de estimar la diferencia que existe entre el valor de TSM que proporciona el satélite con relación a los obtenidos *in situ* mediante cruceros



La topografía más fácil.

TOPOGRAFIA

.Procesa ficheros de estaciones totales y libretas electrónicas
.Compensación de poligonales, intersecciones directas e inversas, conversiones a/de UTM, transformaciones de coordenadas

PERFILES LONGITUDINALES

.A partir de modelo o cartografía digitalizada .Definición gráfica o numérica de rasantes .Personalización de guitarras

PERFILES TRANSVERSALES

.Edición gráfica o numérica .Dibujo en modo continuo o en formatos .Inserción de perfiles en fases .Utilidades de conversión

PUNTOS

.A partir de ficheros de diversos formatos o entidades dibujadas automáticamente a partir de códigos .Múltiples operaciones de edición y consulta

SECCIONES TIPO

.Urbanas o de carreteras .Definición de plataformas, cunetas, taludes, cañales, muros, geología, peraltes, etc

MODELO DIGITAL

.Superficies o curvas de nivel .Dibujo interactivo .Edición interactiva .Múltiples superficies

VOLUMENES

.Por diferencia de perfiles, mallas de superficies digitales .Listados de cubicación, de volúmenes de masas, etc

CURVADO

.Generación automática a partir de modelo .Suavizado opcional .Etiquetado manual o automático

MAPAS

.Representación de alturas, pendientes, direcciones, malla 3D, conversión a sólidos, renderizado, etc

REPLANTEO

.Gestión de bases .Replanteo de puntos sobre modelo o puntos sobre eje .Control de replanteo

ALINEACIONES

.Creación a partir de polilíneas o ficheros externos .Herramientas de encaje de rectas, curvas y clotoides .Acotación automática...

UTILIDADES

.Conversión de ficheros de cartografía, elevación de entidades, herramientas de dibujo, dibujo de taludes, etc

REQUERIMIENTOS

.Procesador PENTIUM 100 ó superior
.Lector CD-ROM
.MS-DOS, Windows 3.X, Windows 95/98, Windows NT
.AutoCAD 12, 13, 14 ó 2000
.Tarjeta Gráfica 800 x600

MODELO DIGITAL DEL TERRENO
Soluciones para Ingeniería Civil y Topografía en AutoCAD®

TCP



TCP Informática y Topografía
Diseño y Programación de Aplicaciones Técnicas
TOPOGRAFIA
INGENIERIA CIVIL
CONSTRUCCION
C/ Sumatra, 11
E-29190 Málaga (España)
Tlf.: 95 243 97 71
Fax: 95 243 13 71
E-mail: tcp@tcpit.es
web: www.tcpit.es



RAD- Desarrollador Registrado



Crucero ULISES	NOAA 14 y Termómetro de cubeta (°C)	NOAA 14 y Termómetro de la botella Nansen (°C)
Promedio de las diferencias entre las TSM	0.32	0.23
Desviación Standard del promedio de las diferencias entre las TSM	0.26	0.18

Tabla 2: Promedio de las diferencias entre la TSM obtenidos por el sensor AVHRR del NOAA-14 e «in situ» entre los termómetros de cubeta y de la botella Nansen.

Coefficientes de Correlación	TSM NOAA-14	TSM Termómetro de la botella Nansen	TSM Termómetro de cubeta
TSM - NOAA-14	1	0.694	0.600
TSM - Termómetro de la bo- tella Nansen	0.694	1	0.762
TSM - Termómetro de cubeta	0.600	0.762	1

Tabla 3: Correlaciones entre la TSM del AVHRR-NOAA-14, el termómetro de cubeta y el termómetro de la botella Nansen.

oceanográficos simultáneos, se realizó el estudio comparativo de los datos extraídos de las imágenes promedios diarios (día y noche) de la "ventana" de Cuba, del sensor AVHRR - HRPT del NOAA 14, entre el 8 y el 18 de febrero de 1997 (crucero "Ulises 2"). A partir de los pases diarios sobre la zona de interés del satélite NOAA 14 y mediante un programa escrito sobre el lenguaje de programación "IDL", se calcularon y generaron los valores de TSM correspondientes a las estaciones muestreadas por el B.I.C. Ulises.

Del análisis de estos datos se calcularon los promedios de las diferencias entre las TSM obtenidos por el sensor AVHRR del NOAA-14 y entre los termómetros de cubeta y del batómetro (Tabla 2); y los coeficientes de correlación entre la TSM del sensor AVHRR del NOAA-14, del termómetro de cubeta y del termómetro de la botella Nansen (Tabla 3). Esto permitió corroborar la buena correlación (entre 0.60 y 0.76) que existe entre los datos *in situ* y satelitarios. Permitted, además, conocer el orden del promedio de las diferencias entre los datos obtenidos en cruceros oceanográficos y por satélites en la región (entre 0.2 y 0.3 °C).

En otras publicaciones y comunicaciones personales han sido reportadas las diferencias entre los valores de TSM para los satélites NOAA 12 y NOAA 14 con relación a las mediciones *in situ*. El error detectado en este estudio al Norte de Cuba, es

cercano al reportado a nivel global (0.3 °C). Las diferencias entre la TSM medida por el satélite e *in situ* tiene varios factores influyentes: influencia de la atmósfera; diferencias en el momento de la medición (día o noche); diferencia entre las TSM medidas en el nivel superficial y subsuperficial observado por los termómetros; diferencias de la calibración entre los sensores AVHRR de la serie NOAA. Estos resultados indican la necesidad de continuar el estudio con otras bases de datos para conocer a fondo sobre estas diferencias.

FRENTE HIDROLÓGICO AL NE DE YUCATÁN. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITARIAS TÉRMICAS.

[Pérez R. et al., 1996] reportaron la existencia de una zona frontal, al parecer de carácter permanente, al NE de Cabo Catoche, paralela al talud oriental de la plataforma de Yucatán.

A partir de las investigaciones oceanográficas a bordo del buque oceanográfico mexicano Justo Sierra, pudo apreciarse que tanto en julio de 1994 como en marzo de 1995, fue detectada visualmente en superficie una franja de coloración oscura, de no más de 20 metros de ancho, con abundante espuma y material detrítico en superficie, que tenía todas las evidencias de ser una zona de convergencia o zona frontal; esto luego fue confirmado mediante mediciones hidrográficas e hidrobiológicas realizadas *in situ* y mediante imágenes de satélite.

Simultáneo a la ejecución de las mediciones *in situ* del crucero Ergoclina II (20 al 25 de marzo de 1995) fueron recibidos y procesados los pases diarios de las imágenes del sensor AVHRR en los satélites NOAA 12 y 14 del Golfo de México y el Mar Caribe noroccidental. En este período en la región prevaleció el cielo despejado con nubes aisladas. Durante los meses invernales en el Golfo de México son intensos los gradientes horizontales de temperatura, lo que facilita la detección en las imágenes térmicas satelitarias de fenómenos superficiales tales como corrientes, giros, surgencias, frentes y otros.

En el Banco de Campeche, al Norte de la Península de Yucatán, puede apreciarse una masa de agua notablemente más fría con temperaturas por debajo de los 24 °C asociada a la surgencia reportada en este lugar [Merino, M., 1992] y a la disminución estacional de la temperatura en el Golfo de México en los meses invernales. Estas aguas más frías se encuentran con las aguas de la corriente cálida de Yucatán (temperatura superior a los 27°C) al este de Cabo Catoche para formar una zona frontal bien definida en la imagen AVHRR, con pequeños penachos y filamentos de giro ciclónico asociados a desprendimientos del flujo principal. Esta zona frontal se extiende por el Golfo de México, en dirección norte-noroeste, bordeando la isobata de 200 m, en el límite de la plataforma de Yucatán.

Crucero ECOFRONT-2	NOAA 12 y CTD (°C)	NOAA 14 y CTD (°C)	NOAA 12 y NOAA 14 (°C)	CTD y promedio NOAA 14 (°C)	NOAA 12 y promedio NOAA 14 (°C)	NOAA 14 y promedio NOAA 14 (°C)
Promedio de las diferencias entre las TSM	0.24	0.34	0.50	0.24	0.28	0.32
Desviación Standard del promedio de las diferencias entre las TSM	0.14	0.25	0.26	0.17	0.14	0.22

Tabla 4: Promedio de las diferencias entre las TSM obtenidos por los sensores AVHRR del NOAA-12 y NOAA-14 «in situ» por el CTD, junto con su desviación standard.

Matriz de Coeficientes de Correlación	NOAA-12	NOAA-14	CTD
NOAA-12	1	0.84	0.98
NOAA-14	0.84	1	0.83
CTD	0.98	0.83	1

Tabla 5: Correlaciones entre los NOAA-12, NOAA-14 y el CTD.

En las imágenes analizadas se observa que la temperatura superficial del agua predominante en el Caribe occidental oscila entre los 27 y 28°C. Puede apreciarse una masa de agua con temperaturas ligeramente más altas, cerca de las costas de la Península de Yucatán que ascienden en latitud entre éstas y la isobata de 1000m. Este flujo es, presumiblemente, el eje del máximo de la Corriente de Yucatán. En el Golfo de México puede apreciarse durante este período un fuerte gradiente térmico horizontal entre su límite norte y sur, con temperatura superficial en el rango de 18 a 29 °C.

La distribución de temperatura superficial de la zona marina, obtenida a partir de imágenes del sensor AVHRR - HRPT de los satélites de la serie NOAA durante el verano (julio de 1994), muestra con claridad el afloramiento en su época de mayor intensidad como una franja de baja temperatura (menor que 27°C) a lo largo de la costa Norte de Yucatán. Se aprecia, además, una zona frontal que se extiende por el Golfo de México bordeando el límite de la plataforma de Yucatán cerca de la isobata de 1000 m hasta los 25° N.

Debe notarse que durante el verano, la fuerte insolación diurna y los débiles vientos predominantes producen en esta zona un calentamiento intenso de la capa más superficial del mar que en ocasiones produce diferencias notables entre la temperatura superficial observada desde el satélite y la temperatura subsuperficial

determinada por los equipos oceanográficos [Wick, G.A., et al., 1992]. Además, en esta época los gradientes horizontales de temperatura no son intensos, lo que dificulta la detección en las imágenes térmicas satelitarias de fenómenos superficiales tales como corrientes, giros y otros muy visibles durante la época invernal.

Correlación entre la TSM obtenida in situ y la del sensor AVHRR en la zona del frente al NE de Yucatán

Con el fin de conocer la diferencia que existe entre el valor de TSM que proporciona los satélites de la serie NOAA 12 y 14 con los obtenidos *in situ* mediante el CTD en las 22 estaciones correspondientes al crucero oceanográfico "ERGOCLINA-2", se realizó una comparación estadística de los valores de TSM extraídos de las imágenes del sensor AVHRR modo HRPT de los satélites NOAA 12 y 14, respectivamente, que coinciden en coordenada, fecha y hora con el momento de la medición *in situ*. De igual forma se analizó una comparación entre la TSM medida *in situ* y la imagen promedio de TSM entre el 20 y el 25 de marzo de 1995 de la "ventana" de Cuba del satélite NOAA 14 para los días y las noches de la etapa del crucero.

Como se muestra en la Tabla 4, el promedio de las diferencias entre las TSM muestra que el NOAA 14 difiere en 0.5 °C con el NOAA 12 y esto puede estar dado por la presencia de nubosidad; por la influencia de la at-

mósfera; por las diferencias en el momento de la medición (día o noche); por las diferencias de la calibración entre los sensores AVHRR de la serie NOAA; entre otras causas.

Según el estudio realizado, el NOAA 12 presenta menos diferencias con relación al valor de TSM *in situ* que el obtenido por el NOAA 14. La diferencia entre los promedios de TSM por satélite e *in situ* sugiere utilizar imágenes que coincidan en fecha y hora aproximada a la medición *in situ*. De esta forma se cometen menos errores que al analizar una imagen promedio del período del crucero.

Al calcular el coeficiente de correlación entre la información del satélite y la obtenida *in situ* por el CTD, obtenemos que el NOAA-12 correlaciona mejor que el NOAA-14. Esto está dado porque en algunos pases del satélite por la zona de interés, la cobertura de nubes imposibilitó contar con el valor de TSM en esa coordenada. Por otro lado, independientemente de la inercia térmica en el mar, se debe tener en cuenta que un pixel de imagen corresponde a un área de 1km. x 1km. de resolución en el mar (Tabla 5). Los resultados muestran que en general es posible asumir como válidos los valores de TSM que brindan los satélites de la serie NOAA para estudios oceanográficos.

La Fig. 10 muestra una gráfica que compara los datos de la TSM obtenidos *in situ* en el crucero «Ergoclina-

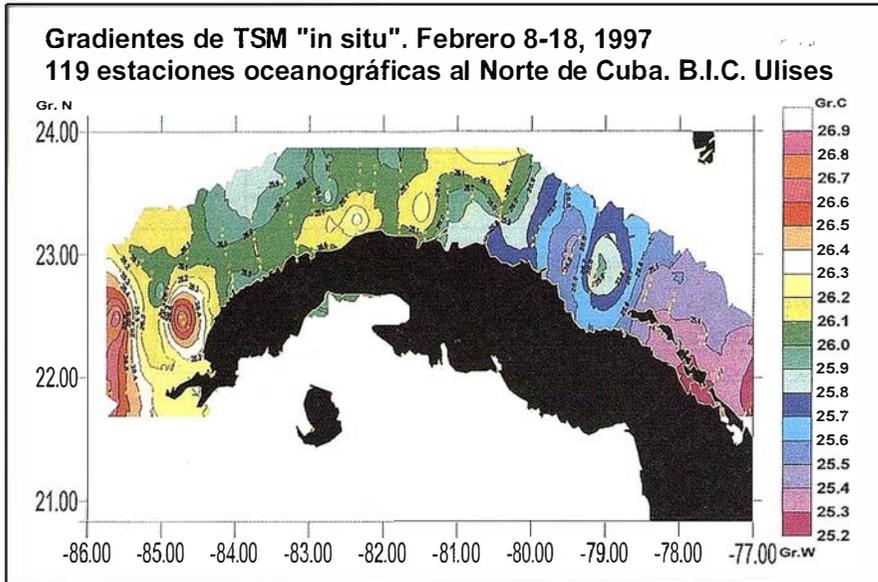


Figura 1: Gradientes de TSM a través de mediciones «in situ» del 8 al 18 de febrero de 1997 en las 119 estaciones oceanográficas tomadas desde el B.I.C.

2», con los del sensor AVHRR de los satélites NOAA-12 y NOAA-14 y el promedio del 20 al 25 de marzo de 1995 del NOAA-14. Es apreciable la similitud y correlación de los datos *in situ* con los obtenidos por sensores remotos.

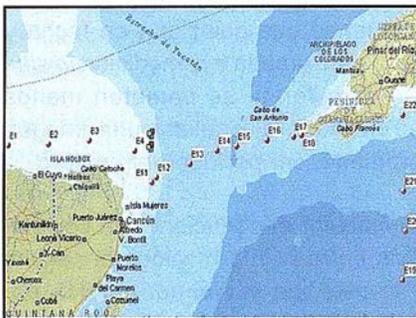


Figura 2: Estaciones muestreadas al NE de la Península de Yucatán en el crucero ERGOCLINA-II.

Conclusiones

Fue posible asimilar y ajustar a las condiciones regionales una técnica de procesamiento de imágenes utilizando el sensor AVHRR que permitió determinar el comportamiento de la temperatura superficial del mar en el entorno marino de Cuba.

La paleta de 256 colores implementada en imágenes térmicas, permitió obtener mejor precisión visual de los fenómenos oceanográficos superficiales.

El promedio de la diferencia entre los valores de TSM obtenidos en cruces y por satélites oscilan entre 0.2 y 0.3 °C. Según el estudio realizado, el NOAA 12 presenta menos diferencias con relación al valor de TSM *in situ* que el obtenido por el NOAA 14.

La diferencia entre los promedios de TSM por satélite e *in situ* sugiere utilizar imágenes que coincidan en fecha y hora aproximada a la medición *in situ*. De esta forma se comenten menos errores en la estimación de la TSM que si analizáramos una imagen promedio del crucero.

Existe buena correlación entre la información de la TSM obtenida por satélite y la obtenida *in situ* por el CTD y termómetros. El NOAA-12 correlaciona mejor que el NOAA-14. Esto es dado por la presencia de nubosidad; por la influencia de la atmósfera; por las diferencias en el momento de la medición (día o noche); por las diferencias de la calibración entre los sensores AVHRR de la serie NOAA.

La distribución de TSM *in situ* al Norte de Cuba muestra anomalías de aguas cálidas al Norte de Pinar del Río (en Cuba) y un incremento de la TSM del Este al Oeste. Este fenómeno se aprecia mejor en las imágenes de satélite.

Las imágenes espaciales térmicas confirman la presencia de una zona de surgencia de aguas más frías y ricas en nutrientes al norte de la Península de Yucatán que junto a la corriente cálida y oligotrófica de Yucatán generan una zona frontal desde el límite de la plataforma al este de Cabo Catoche y bordeando el talud continental hasta aproximadamente los 25 grados de latitud Norte. Las imágenes de temperatura sugieren que esta surgencia y frente tienen un comportamiento cuasipermanente en esta región.

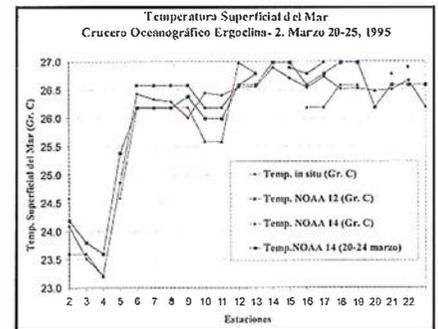


Figura 10: TSM obtenidos «in situ» mediante el crucero Ergocliina-2 y el sensor AVHRR de los satélites NOAA-12 y NOAA-14.

Bibliografía

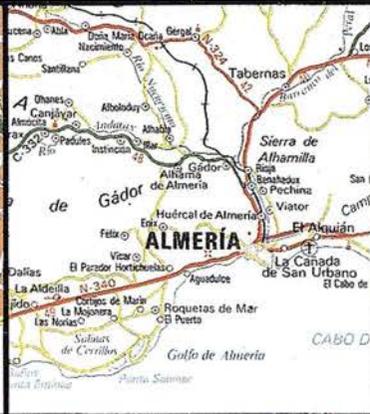
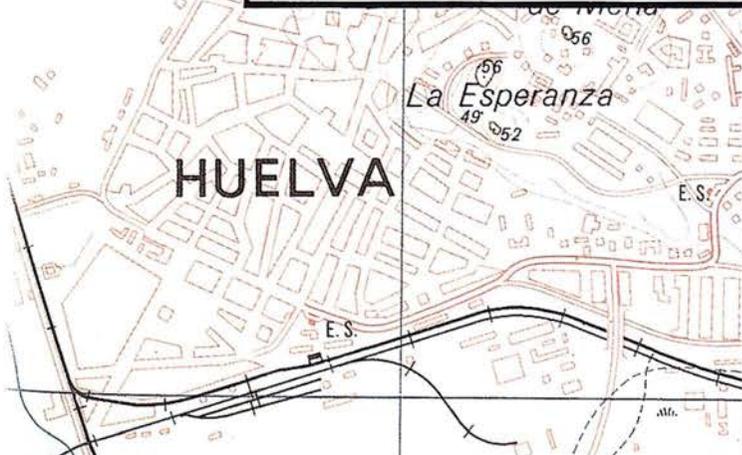
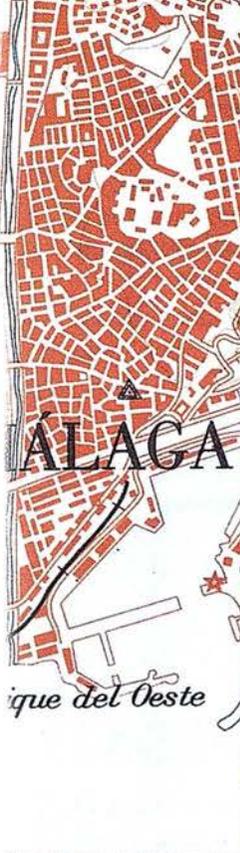
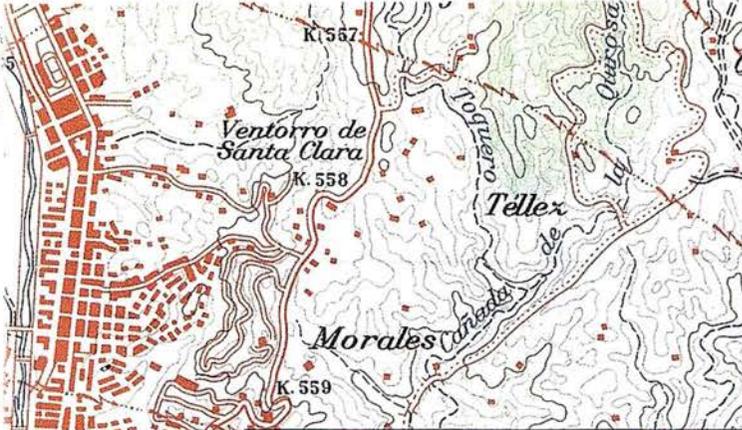
- McClain, Pichel & Walton (1985). Comparative Performance of AVHRR-Based Multichannel Sea Surface Temperature. *J. Geophys. Res.*, 90, 11587-601.
- Merino, M. (1992). Afloramiento en la plataforma de Yucatán. Estructura y fertilización. Tesis doctoral, UNAM, ICMYL, México, D.F., 255 pp.
- Pérez R., I. Victoria, M. Signoret, A. Gallegos, I. Penié, C. Gil, C. Bult, N. Melo, F. E. Müller-Karger, S. Cerdeira, M. Merino (1996). Reporte de un Frente Hidrológico al NE de la Península de Yucatán. Manifestaciones Físicas, Químicas e Hidrobiológicas. *Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba*. Vol. 2, No. 1, Julio. Publicación electrónica ISSN NO. 1025-921X.
- Tokioka, T. (1983). Influence of the ocean on the atmospheric global circulations and short-range climatic fluctuations. In: G.D. Sharp and J. Csirke (Eds). *Proceeding of the Expert Consultation to examine change in abundance and species of neritic fish resources*. S. José de Costa Rica. *FAO Fish Rep.* (291) Vol.3: 557-585, pp..
- Wick, G.A., W.J. Emery, P. Schluesel. (1992). A comprehensive comparison between satellite-measured skin and multichannel sea surface temperature. *J. Geophys. Res.*, 97, 5569-5595.

RESTISUR, S.L.



C/ San Vicente, 17 - Bajo
Tfno.: 95-490 21 81 - 490 32 06
Fax: 95-490 46 15
41002 SEVILLA

- FOTOGRAMETRÍA
- DIGITALIZACIÓN
- CARTOGRAFÍA
- PROCESO DE DATOS
- TOPOGRAFÍA
- ORTOFOTOGRAFÍA
- LABORATORIO TÉCNICO Y DIBUJO



CÁLCULO DE ORIENTACIÓN RELATIVA ANALÍTICA POR MODELOS INDEPENDIENTES



Juan Antonio Pérez Álvarez. (japerez@unex.es).
 José Antonio Ballell Caballero. (jaballell@unex.es).
 Centro Universitario de Mérida. Universidad de Extremadura.
 Departamento de Expresión Gráfica.

1. Introducción

Con el apoyo de los fundamentos teóricos expuestos en el artículo "Orientación analítica en dos pasos (orientación relativa por modelos independientes)", se va a desarrollar en un caso práctico los cálculos analíticos encaminados a lograr la formación de un modelo fotogramétrico tomado con una cámara métrica aérea, utilizando el método de orientación relativa por modelos independientes.

2. Datos de partida

Modelo: Modelo11.
 Distancia principal de la cámara: 152.47mm.
 Altura de vuelo(m): 3050m.
 Formato(mm): 230x230mm
 Recubrimiento: 60%
 Graduación Angular: Centesimal Formato(mm): 230x230mm
 Coordenadas imagen en milímetros leídas en estereocomparador:

Pto	x'	y'	x''	y''
1	106.189	1.309	11.079	3.835
2	95.428	-103.104	1.483	-102.139
3	-9.192	-100.817	-104.912	-99.208
4	-12.421	-1.000	-108.670	1.562
5	-1.581	102.445	-98.020	105.601
6	98.451	98.908	3.149	102.479
7	90.073	92.923	-5.916	96.423
8	-0.769	-107.853	-96.651	-106.368

3. Primera iteración

En esta primera iteración se van a tomar los siguientes datos como valores aproximados de los parámetros de orientación relativa (giros):

$$\text{Giros de las placas: } \begin{cases} \omega_{10}^{(1)} = 0.0000 \text{ rad.} & \varphi_{10}^{(1)} = 0.0000 \text{ rad} & \kappa_{10}^{(1)} = 0.0000 \text{ rad} \\ \omega_{20}^{(1)} = 0.0000 \text{ rad.} & \varphi_{20}^{(1)} = 0.0000 \text{ rad} & \kappa_{20}^{(1)} = 0.0000 \text{ rad} \end{cases}$$

El subíndice "(a)" expresa el valor aproximado en cada uno de los giros y el superíndice "(1)" el número de la iteración.

3.1. Matriz de rotación.

Partiendo de los parámetros de orientación establecidos en el apartado anterior, tendremos para cada una de las placas (izquierda y derecha) las siguientes matrices de rotación:

$$\begin{aligned} [R_1] &= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.00000000 & 00 & 0.00000000 & 00 & 0.00000000 & 00 \\ 0.00000000 & 00 & 1.00000000 & 00 & 0.00000000 & 00 \\ 0.00000000 & 00 & 0.00000000 & 00 & 1.00000000 & 00 \end{bmatrix} \\ [R_2] &= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.00000000 & 00 & 0.00000000 & 00 & 0.00000000 & 00 \\ 0.00000000 & 00 & 1.00000000 & 00 & 0.00000000 & 00 \\ 0.00000000 & 00 & 0.00000000 & 00 & 1.00000000 & 00 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

3.2. Cálculo de coordenadas placas.

Pto	\bar{X}'	\bar{y}'	\bar{z}'	\bar{X}''	\bar{y}''	\bar{z}''
1	106.1890	1.3090	-152.4700	11.0790	3.8350	-152.4700
2	95.4280	-103.1040	-152.4700	1.4830	-102.1390	-152.4700
3	-9.1920	-100.8170	-152.4700	-104.9120	-99.2080	-152.4700
4	-12.4210	-1.0000	-152.4700	-108.6700	1.5620	-152.4700
5	-1.5810	102.4450	-152.4700	-98.0200	105.6010	-152.4700
6	98.4510	98.9080	-152.4700	3.1490	102.4790	-152.4700
7	90.0730	92.9230	-152.4700	-5.9160	96.4230	-152.4700
8	-0.7690	-107.8530	-152.4700	-96.6510	-106.3680	-152.4700

3.3. Sistema de ecuaciones indirecto.

$$\begin{bmatrix}
 B_{11} & B_{12} & B_{13} & B_{14} & B_{15} \\
 4.07234815E+02 & -1.61906368E+04 & 2.32521209E+04 & -1.45024110E+01 & 1.68921513E+03 \\
 -9.74692049E+03 & -1.45499071E+04 & 3.37780403E+04 & 1.52903232E+02 & 2.26113010E+02 \\
 9.11919936E+02 & 1.40150424E+03 & 3.32489538E+04 & -1.05769131E+04 & -1.59959326E+04 \\
 -1.94016020E+01 & 1.89382987E+03 & 2.32455389E+04 & -1.08670000E+02 & -1.65689149E+04 \\
 -1.66955181E+02 & 2.41055070E+02 & 3.40653953E+04 & 1.00416589E+04 & -1.49451094E+04 \\
 1.00891600E+04 & -1.50108239E+04 & 3.33830938E+04 & -3.11461292E+02 & 4.80128030E+02 \\
 8.68510887E+03 & -1.37334303E+04 & 3.22070153E+04 & 5.49732468E+02 & -9.02012520E+02 \\
 8.17969920E+01 & 1.17249430E+02 & 3.47192088E+04 & -1.04241003E+04 & -1.47363779E+04
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 d\varphi_1^{(1)} \\
 d\kappa_1^{(1)} \\
 d\omega_2^{(1)} \\
 d\varphi_2^{(1)} \\
 d\kappa_2^{(1)}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 -3.85139220E+02 \\
 -1.47133550E+02 \\
 -2.45324230E+02 \\
 -3.90628140E+02 \\
 -4.81195320E+02 \\
 -5.44470370E+02 \\
 -5.33645000E+02 \\
 -2.26417950E+02
 \end{bmatrix}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtienen las correspondientes correcciones a efectuara a los parámetros de orientación, siendo estas:

$d\varphi_1^{(1)} = -0.0199096161$	$d\kappa_1^{(1)} = 0.0310072075$	
$d\omega_2^{(1)} = 0.0030931401$	$d\varphi_2^{(1)} = -0.0124548731$	$d\kappa_2^{(1)} = 0.0315839630$

3.4. Parámetros de orientación tras la primera iteración.

$$\begin{aligned}
 \varphi_1^{(1)} &= \varphi_{1G}^{(1)} + d\varphi_1^{(1)} = -1^\circ.2674855255 \\
 \kappa_1^{(1)} &= \kappa_{1G}^{(1)} + d\kappa_1^{(1)} = 1^\circ.9739801373 \\
 \omega_2^{(1)} &= \omega_{2G}^{(1)} + d\omega_2^{(1)} = 0^\circ.1969154126 \\
 \varphi_2^{(1)} &= \varphi_{2G}^{(1)} + d\varphi_2^{(1)} = -0^\circ.7929018448 \\
 \kappa_2^{(1)} &= \kappa_{2G}^{(1)} + d\kappa_2^{(1)} = 2^\circ.0106975318
 \end{aligned}$$

El proceso de cálculo iterativo continuará hasta que los valores de los parámetros de orientación relativa apenas varíen en dos iteraciones consecutivas. Por ello se va a proseguir realizando este proceso cálculo iterativo, utilizando como valores aproximados de los parámetros de orientación los obtenidos en la iteración anterior ($\varphi_1^{(1)}, \kappa_1^{(1)}, \omega_2^{(1)}, \varphi_2^{(1)}, \kappa_2^{(1)}$)

4.1. Matriz de rotación.

$$\begin{aligned}
 [R_1] &= \begin{bmatrix} 0.9993212 & -0.0309961 & -0.0199083 \\ 0.0310022 & 0.9995193 & 0.0000000 \\ 0.0198987 & -0.0006172 & 0.9998018 \end{bmatrix} \\
 [R_2] &= \begin{bmatrix} 0.9993212 & -0.0309961 & -0.0199083 \\ 0.0310022 & 0.9995193 & 0.0000000 \\ 0.0198987 & -0.0006172 & 0.9998018 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

4.2. Cálculo de coordenadas placas.

Pto	\bar{X}'	\bar{y}'	\bar{z}'	\bar{X}''	\bar{y}''	\bar{z}''
1	109.1118	4.6005	-150.3276	12.8505	4.6541	-152.3081
2	101.5945	-100.0960	-150.4772	6.6063	-101.5693	-152.7144
3	-3.0254	-101.0535	-152.5605	-99.8200	-101.9955	-154.0414
4	-9.3462	-1.3846	-152.6863	-106.7578	-1.3947	-153.8166
5	-1.7199	102.3467	-152.5345	-99.3991	102.9280	-153.4023
6	98.3538	101.9127	-150.5418	1.8102	102.9984	-152.1414
7	90.1670	95.6708	-150.7048	-7.0583	96.6595	-152.2715
8	5.6100	-107.8250	-152.3885	-91.3377	-108.8914	-153.9570

4.3. Sistema de ecuaciones indirecto.

$$\begin{matrix}
 \mathbf{B}_{11} & \mathbf{B}_{12} & \mathbf{B}_{13} & \mathbf{B}_{14} & \mathbf{B}_{15} \\
 \begin{bmatrix}
 5.07814856E+02 & -1.61590633E+04 & 2.29175165E+04 & -5.31426152E+01 & 1.64637565E+03 \\
 -1.03188836E+04 & -1.48519719E+04 & 3.31467302E+04 & 6.64331491E+02 & 5.79136936E+02 \\
 3.08578153E+02 & 1.13899812E+03 & 3.38076275E+04 & -1.01342153E+04 & -1.56171891E+04 \\
 1.30347897E+01 & 1.90490739E+03 & 2.34876226E+04 & -1.98235373E+02 & -1.65911778E+04 \\
 -1.77026148E+02 & 9.39342561E+02 & 3.39334749E+04 & 1.01262233E+04 & -1.56146245E+04 \\
 1.01302889E+04 & -1.42957788E+04 & 3.34004823E+04 & -1.83641230E+02 & -1.42925078E+02 \\
 8.71550441E+03 & -1.30861881E+04 & 3.21955399E+04 & 6.71981969E+02 & -1.46670515E+03 \\
 -6.10876525E+02 & -1.62700117E+02 & 3.52024968E+04 & -9.89148807E+03 & -1.43256346E+04
 \end{bmatrix}
 \end{matrix}
 \begin{bmatrix}
 d\varphi_1^{(2)} \\
 d\kappa_1^{(2)} \\
 d\omega_2^{(2)} \\
 d\varphi_2^{(2)} \\
 d\kappa_2^{(2)}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 1.05200910E+00 \\
 -2.22199144E+00 \\
 -5.93534861E+00 \\
 -2.73171258E-02 \\
 1.57037723E-01 \\
 -4.28685364E-01 \\
 8.77153968E-01 \\
 -6.62176693E+00
 \end{bmatrix}$$

Las correcciones de los parámetros una vez resuelto el sistema son:

$d\varphi_1^{(2)} = 0.0001310049$	$d\kappa_1^{(2)} = -0.0004824077$	
$d\omega_2^{(2)} = -0.0002492450$	$d\varphi_2^{(2)} = 0.0003185432$	$d\kappa_2^{(2)} = -0.0003917406$

4.4. Parámetros de orientación tras la segunda iteración.

$$\begin{aligned}
 \varphi_1^{(2)} &= \varphi_1^{(1)} + d\varphi_1^{(2)} = -1^{\circ}.2591454963 \\
 \kappa_1^{(2)} &= \kappa_1^{(1)} + d\kappa_1^{(2)} = 1^{\circ}.9432691078 \\
 \omega_2^{(2)} &= \omega_2^{(1)} + d\omega_2^{(2)} = 0^{\circ}.1810479857 \\
 \varphi_2^{(2)} &= \varphi_2^{(1)} + d\varphi_2^{(2)} = -0^{\circ}.7726227576 \\
 \kappa_2^{(2)} &= \kappa_2^{(1)} + d\kappa_2^{(2)} = 1^{\circ}.9857585515
 \end{aligned}$$

5. Tercera iteración

Se parte de los parámetros de orientación relativa calculados en la iteración anterior ($\varphi_1^{(2)}, \kappa_1^{(2)}, \omega_2^{(2)}, \varphi_2^{(2)}, \kappa_2^{(2)}$).

5.1. Matriz de rotación.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{R}_1 &= \begin{bmatrix} 0.9993387 & -0.0305141 & -0.0197773 \\ 0.0305201 & 0.9995342 & 0.0000000 \\ 0.0197681 & -0.0006036 & 0.9998044 \end{bmatrix} \\
 \mathbf{R}_2 &= \begin{bmatrix} 0.9993387 & -0.0305141 & -0.0197773 \\ 0.0305201 & 0.9995342 & 0.0000000 \\ 0.0197681 & -0.0006036 & 0.9998044 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

5.2. Cálculo de coordenadas placas.

Pto	\bar{x}'	\bar{y}'	\bar{z}'	\bar{x}''	\bar{y}''	\bar{z}''
1	109.0943	4.5493	-150.3418	12.8036	4.6118	-152.3133
2	101.5265	-100.1435	-150.4915	6.5177	-101.6092	-152.6917
3	-3.0941	-101.0506	-152.5610	-99.9091	-101.9941	-153.9845
4	-9.3668	-1.3786	-152.6851	-106.8075	-1.3905	-153.7821
5	-1.6905	102.3490	-152.5333	-99.4079	102.9293	-153.3956
6	98.3833	101.8667	-150.5537	1.8018	102.9605	-152.1672
7	90.1934	95.6287	-150.7157	-7.0692	96.6251	-152.2929
8	5.5380	-107.8262	-152.3903	-91.4294	-108.8933	-153.9012

5.3. Sistema de ecuaciones indirecto.

$$\begin{matrix}
 \mathbf{B}_{11} & \mathbf{B}_{12} & \mathbf{B}_{13} & \mathbf{B}_{14} & \mathbf{B}_{15} \\
 \begin{bmatrix}
 5.03125170E+02 & -1.61599660E+04 & 2.29200432E+04 & -5.27726606E+01 & 1.64677145E+03 \\
 -1.03160264E+04 & -1.48435132E+04 & 3.31543108E+04 & 6.55496282E+02 & 5.76570698E+02 \\
 3.15583520E+02 & 1.14480125E+03 & 3.37986017E+04 & -1.01391759E+04 & -1.56225190E+04 \\
 1.30248951E+01 & 1.90458236E+03 & 2.34821576E+04 & -1.93624651E+02 & -1.65912052E+04 \\
 -1.74004299E+02 & 9.30365001E+02 & 3.39326533E+04 & 1.01311360E+04 & -1.56025705E+04 \\
 1.01295908E+04 & -1.43072579E+04 & 3.33975724E+04 & -1.82773487E+02 & -1.33542013E+02 \\
 8.71494696E+03 & -1.30964338E+04 & 3.21930590E+04 & 6.72990234E+02 & -1.45798170E+03 \\
 -6.03050283E+02 & -1.56082156E+02 & 3.51946003E+04 & -9.89807314E+03 & -1.43309605E+04
 \end{bmatrix}
 \end{matrix}
 \begin{bmatrix}
 d\varphi_1^{(3)} \\
 d\kappa_1^{(3)} \\
 d\omega_2^{(3)} \\
 d\varphi_2^{(3)} \\
 d\kappa_2^{(3)}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 -4.35395574E-01 \\
 2.45737790E-01 \\
 1.09929611E-01 \\
 3.06299098E-01 \\
 -2.52286185E-01 \\
 -3.26172964E-01 \\
 6.57258949E-01 \\
 -3.07142547E-01
 \end{bmatrix}$$

Las correcciones de los parámetros una vez resuelto el sistema son:

$d\varphi_1^{(3)} = 0.0000002427$	$d\kappa_1^{(3)} = 0.0000000934$	
$d\omega_2^{(3)} = 0.0000000746$	$d\varphi_2^{(3)} = -0.0000000301$	$d\kappa_2^{(3)} = 0.0000002077$

5.4. Parámetros de orientación tras la tercera iteración.

$$\begin{aligned}\varphi_1^{(3)} &= \varphi_1^{(2)} + d\varphi_1^{(3)} = -1^\circ.2591609502 \\ \kappa_1^{(3)} &= \kappa_1^{(2)} + d\kappa_1^{(3)} = 1^\circ.9432750561 \\ \omega_2^{(3)} &= \omega_2^{(2)} + d\omega_2^{(3)} = 0^\circ.1810527362 \\ \varphi_2^{(3)} &= \varphi_2^{(2)} + d\varphi_2^{(3)} = -0^\circ.7726246731 \\ \kappa_2^{(3)} &= \kappa_2^{(2)} + d\kappa_2^{(3)} = 1^\circ.9857717764\end{aligned}$$

Se parte de los parámetros de orientación relativa calculados en la iteración anterior ($\varphi_1^{(2)}, \kappa_1^{(2)}, \omega_2^{(2)}, \varphi_2^{(2)}, \kappa_2^{(2)}$).

6.1. Matriz de rotación.

$$\begin{aligned} [R_1] &= \begin{bmatrix} 0.9993386 & -0.0305142 & -0.0197776 \\ 0.0305202 & 0.9995342 & 0.0000000 \\ 0.0197684 & -0.0006036 & 0.9998044 \end{bmatrix} \\ [R_2] &= \begin{bmatrix} 0.9993386 & -0.0305142 & -0.0197776 \\ 0.0305202 & 0.9995342 & 0.0000000 \\ 0.0197684 & -0.0006036 & 0.9998044 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

6.2. Cálculo de coordenadas placas.

Pto	\bar{x}'	\bar{y}'	\bar{z}'	\bar{x}''	\bar{y}''	\bar{z}''
1	109.0943	4.5493	-150.3418	12.8036	4.6119	-152.3133
2	101.5265	-100.1435	-150.4915	6.5178	-101.6092	-152.6917
3	-3.0941	-101.0506	-152.5610	-99.9090	-101.9942	-153.9845
4	-9.3668	-1.3786	-152.6851	-106.8075	-1.3905	-153.7821
5	-1.6905	102.3490	-152.5333	-99.4079	102.9293	-153.3956
6	98.3833	101.8667	-150.5537	1.8018	102.9605	-152.1672
7	90.1934	95.6288	-150.7157	-7.0693	96.6251	-152.2928
8	5.5380	-107.8262	-152.3903	-91.4294	-108.8933	-153.9012

6.3. Sistema de ecuaciones indirecto.

$$\begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} & B_{14} & B_{15} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} & B_{24} & B_{25} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} & B_{34} & B_{35} \\ B_{41} & B_{42} & B_{43} & B_{44} & B_{45} \\ B_{51} & B_{52} & B_{53} & B_{54} & B_{55} \\ B_{61} & B_{62} & B_{63} & B_{64} & B_{65} \\ B_{71} & B_{72} & B_{73} & B_{74} & B_{75} \\ B_{81} & B_{82} & B_{83} & B_{84} & B_{85} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\varphi_1^{(3)} \\ d\kappa_1^{(3)} \\ d\omega_2^{(3)} \\ d\varphi_2^{(3)} \\ d\kappa_2^{(3)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4.35817509E-01 \\ 2.42046463E-01 \\ 1.10317452E-01 \\ 3.07812812E-01 \\ -2.51401370E-01 \\ -3.24847115E-01 \\ 6.58519026E-01 \\ -3.07221372E-01 \end{bmatrix}$$

Las correcciones de los parámetros una vez resuelto el sistema son:

$d\varphi_1^{(4)} = 0.0000000000$	$d\kappa_1^{(4)} = 0.0000000000$	
$d\omega_2^{(4)} = 0.0000000000$	$d\varphi_2^{(4)} = -0.0000000000$	$d\kappa_2^{(4)} = 0.0000000000$

6.4. Parámetros de orientación tras la tercera iteración.

$$\begin{aligned}\varphi_1^{(4)} &= \varphi_1^{(3)} + d\varphi_1^{(4)} = -1^\circ.2591609502 \\ \kappa_1^{(4)} &= \kappa_1^{(3)} + d\kappa_1^{(4)} = 1^\circ.9432750563 \\ \omega_2^{(4)} &= \omega_2^{(3)} + d\omega_2^{(4)} = 0^\circ.1810527363 \\ \varphi_2^{(4)} &= \varphi_2^{(3)} + d\varphi_2^{(4)} = -0^\circ.7726246731 \\ \kappa_2^{(4)} &= \kappa_2^{(3)} + d\kappa_2^{(4)} = 1^\circ.9857717766\end{aligned}$$

7. Solución final

Fotograma	X ₀	Y ₀	Z ₀	Omega	Fhi	Kappa
Izquierdo	0.000	0.000	3050.000	0°.0000	-1°.2592	1°.9433
Derecho	1840.362	0.000	3050.000	0°.1811	-0°.7726	1°.9858

8. Cálculo de coordenadas (métrico)

Ptos	X(m)	Y(m)	Z(m)	Py(m)	λ	μ
1	2081.4888	86.8266	181.5211	-0.0546	19079.7182	18832.7500
2	1964.6720	-1937.9241	137.7910	0.0307	19351.3205	19072.4758
3	-59.3822	-1939.3851	122.0251	0.0137	19192.1543	19014.7364
4	-178.3047	-26.2623	143.5097	0.0381	19035.8453	18900.0528
5	-32.0211	1938.6948	160.7386	-0.0310	18941.8443	18835.3567
6	1874.3247	1940.7079	181.7640	-0.0407	19051.2532	18849.2445
7	1707.8862	1810.7672	196.0763	0.0819	18935.8123	18739.7095
8	106.0895	-2065.5547	130.7347	-0.0382	19156.5064	18968.4359

9. Cálculo de coordenadas métricas

Ptos	x'(mm)	Vx'(mm)	y'(mm)	Vy'(mm)	x''(mm)	Vx''(mm)	y''(mm)	Vy''(mm)
1	106.189	0.0000	1.310	0.0014	11.079	0.0000	3.834	-0.0014
2	95.428	0.0000	-103.105	-0.0008	1.483	0.0000	-102.138	0.0008
3	-9.192	0.0000	-100.817	-0.0004	-104.912	0.0000	-99.208	0.0004
4	-12.421	0.0000	-1.001	-0.0010	-108.670	0.0000	1.563	0.0010
5	-1.581	0.0000	102.446	0.0008	-98.020	0.0000	105.600	-0.0008
6	98.451	0.0000	98.909	0.0011	3.149	0.0000	102.478	-0.0011
7	90.073	-0.0001	92.921	-0.0022	-5.916	0.0001	96.425	0.0022
8	-0.769	0.0000	-107.852	0.0010	-96.651	-0.0000	-106.369	-0.0010

Paralaje en y = 0.0021mm

10. Cálculo de la orientación para velocidades pequeñas

En este caso se va a considerar que los ángulos de rotación (giros de cada una de las placas) van a ser magnitudes pequeñas, pudiendo simplificar en la matriz de rotación [R] los senos por los ángulos y los cosenos por 1(). Sustituyendo estos valores en la condición de coplaneidad y desarrollando esta hasta quedarnos con los términos de primer orden, se llega a obtener la ecuación a utilizar en el presente caso para poder determinar el valor de los parámetros de orientación relativa.

$$\Delta\varphi_1(x'y'') + \Delta\kappa_1 cx' - \Delta\varphi_2(x''y') - \Delta\kappa_2(cx'') + \Delta\omega_2(y'y'' + c^2) + c(y' - y'') \approx 0$$

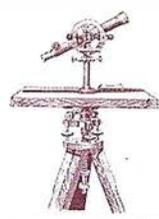
Sustituyendo en la expresión anterior el valor de los datos de partida, se plantea el siguiente sistema de ecuaciones que se resolverá por mínimos cuadrados.

$$\begin{bmatrix} 407.23480 & -16190.63700 & 23252.12100 & -14.50200 & 1689.21513 \\ -9746.92000 & -14549.90700 & 33778.04000 & 152.90300 & 226.11300 \\ 911.92000 & 1401.50400 & 33248.95400 & -10576.91300 & -15995.93300 \\ -19.40200 & 1893.83000 & 23245.53900 & -108.67000 & -16568.91500 \\ -166.95500 & 241.05500 & 34065.39500 & 10041.65900 & -14945.10900 \\ 10089.16000 & -15010.82400 & 33383.09400 & -311.46100 & 480.12800 \\ 8685.10900 & -13733.43000 & 32207.01500 & 549.73200 & -902.01200 \\ 81.79700 & 117.24900 & 34719.20900 & -10424.10000 & -14736.37800 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\varphi_1 \\ \Delta\kappa_1 \\ \Delta\omega_2 \\ \Delta\varphi_2 \\ \Delta\kappa_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -385.13900 \\ -147.13300 \\ -245.32400 \\ -390.62800 \\ -481.19500 \\ -544.47000 \\ -533.64500 \\ -226.41700 \end{bmatrix}$$

Obteniendo como resultado final:

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_1 &= -0.01990964 \text{ rad} = -1^\circ.26748705 \\ \Delta\kappa_1 &= 0.03100724 \text{ rad} = 1^\circ.97398221 \\ \Delta\omega_2 &= 0.00309317 \text{ rad} = 0^\circ.19691732 \\ \Delta\varphi_2 &= -0.01245489 \text{ rad} = -0^\circ.79290292 \\ \Delta\kappa_2 &= 0.03158400 \text{ rad} = 2^\circ.01069989 \end{aligned}$$

Noticias



Rafael Gil-Casares, Director General de Ventas de Tele Atlas

Rafael Gil-Casares, 41 años, es el nuevo Director General de Ventas y Marketing de Tele Atlas, compañía multinacional especializada en la elaboración de mapas digitales para el tráfico terrestre en Europa.



Gil-Casares es Licenciado en Derecho por la Universidad Complutense de Madrid y MBA por el Instituto de Empresa. Anteriormente ha sido Jefe de Logística de Tetra Pak, Director Comercial y Marke-

ting de Rover España y Director Comercial de Gespalets.

Gil-Casares dirigirá la expansión comercial de Tele Atlas en España y Portugal. La compañía está partici-

pada por el grupo Bosch y realiza mapas digitales pormenorizados para su utilización en los navegadores de automóviles, así como para otros usos, como Telemática, Internet y Geomarketing.

Líderes en cartografía desde hace 35 años.

La calidad y profesionalidad de nuestro trabajo nos ha otorgado la confianza de múltiples organismos oficiales y prestigiosas empresas privadas.

RUGOMA, S.A.



- Cartografía digital.
- Tratamiento de archivos CAD (dxf, dgn, dwg...) y PostScript, generando separaciones de color en fotolitos para su posterior publicación.
- Sombreados orográficos.
- Mapas en relieve.
- Edición de atlas, guías, agendas, callejeros.

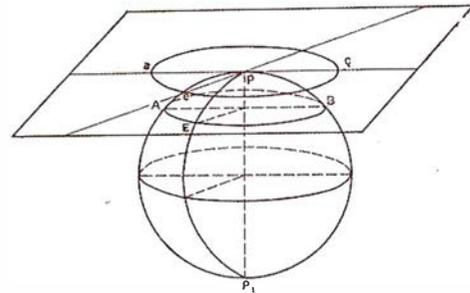
- Cartografía temática, mapas mundi, planos turísticos.
- Mapas digitales interactivos multiplataforma.
- Maquetaciones y composiciones digitales a base de imágenes, gráficos y texto en entorno PostScript.
- Laboratorio técnico fotográfico.



Conde de la Cibera, 4 - Local 6 - 28040 MADRID
Tels.: 91 553 60 27 / 91 553 60 33
FAX: 91 534 47 08 • RDSI: 91 456 11 00
E-Mail: rugoma@rugoma.com • Web: www.rugoma.com

Importancia del Fallamiento en Managua

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)
Dirección de Riesgos Naturales.



I. ANTECEDENTES

Son realmente muchos los autores que han elaborado análisis, opiniones, interpretaciones y soluciones a los muchos problemas que encierra la cuenca topográfica donde se asienta actualmente la ciudad de Managua.

Los terremotos, han sido el estímulo principal que ha propiciado cuantiosos estudios, informes, manuales y códigos de construcción etc. no obstante muchos autores han pensado también en cambiar de sitio la ciudad, restringir su crecimiento, subdensificar las construcciones, limitar el número de edificios o construcciones altas etc. Por el contrario, Managua en los últimos 26 años y después del gran terremoto de 1972, ha crecido, se ha densificado en algunos sectores y cuenta actualmente con el mayor índice de inmigración poblacional, la mayor tasa de construcciones nuevas y una parte del presupuesto de la República para obras de fomento, se invierte en la capital.

Con el apoyo de ASDI – CEPREDENAC y un grupo de instituciones “INETER, Alcaldía de Managua, Defensa Civil y Universidad de Ingeniería”, se dió inicio a una serie de acciones encaminadas a dar una visión nueva y sin precedentes de la ciudad de Managua. La Universidad de Ingeniería se encargó de dar publicidad general por medio de una revista, la cual toma en cuenta los Desastres Naturales como vectores de acción de cambios, transformaciones y actitudes sociales. La Alcaldía de Managua, el órgano promotor de Normativas claras y apegadas al desarro-

llo actual de la Ingeniería y las consecuencias humanas, físicas y económicas que indiscutiblemente generarán los Desastres Naturales. La Defensa Civil, despunta como órgano atento y en alerta a proveer auxilio educativo, organizativo y mitigativo de los daños sociales que ocasionan los Desastres Naturales y por último, El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales “INETER” y que por medio de la Unidad de Riesgos Naturales, Prevención y Mitigación, elaborará un análisis técnico, que propiciará acciones y no limitaciones del crecimiento de la ciudad capital Managua. Se abarcaron cuatro acciones básicas, que han influenciado poderosamente el aspecto normativo para la toma de decisiones del que hacer, donde hacer y como hacer. Siendo estos:

PRIMERO

Qué es Managua Actualmente: Sus límites, sus divisiones, el uso del suelo y su clasificación.

SEGUNDO

Las Fallas de Managua, dando inicio con la Falla Tiscapa y Aeropuerto.

TERCERO

El código de la construcción, esta apto para construir sobre ó cerca de Fallas.

CUARTO

La afectación volcánica de gran escala sobre la ciudad de Managua, restricciones y consecuencias.

II. INTRODUCCIÓN

El Proyecto “Managua Ciudad más Vulnerable”, contempla dentro de su campo de acción global, análisis particulares y específicos, siendo los Análisis Específicos “Las Fallas de Managua” y “El Reglamento Nacional de Construcción”, con la interrogante: ¿Toma en consideración la construcción Sobre Fallas?, dos temas de importancia singular.

El presente informe final, relaciona los métodos geofísicos de prospección de fallas (Geoeléctrica y Magnetometría) y los utilizados para mediciones de velocidad de ondas en los suelos (Sísmica de Refracción y Análisis Espectral de Ondas de Superficie); para llevar a cabo análisis integral, en conjunto con Técnicas de muestreo de suelos, in situ, como son el método de Penetración Estándar “SPT”, densidades de suelos y además la clasificación SUCS y los índices de Atterberg.

Los objetivos principales de análisis y mediciones, fueron las Fallas Tiscapa – Chico Pelón, segmento ENEL – Museo Sandino en el extremo Sur de esta y una longitud de 2,000 metros. La Falla Aeropuerto al Este de la ciudad de Managua, en el segmento Hotel Camino Real - Santo Domingo, con una longitud de 10,000 metros.

Para ambas se ejecutaron estudios encaminados a definir parámetros o anomalías que inducieran su existencia, abarcando estratigrafía, morfología, campos naturales e inducidos, fracturamientos visibles y no visibles etc.

También se uso mucha información de campo, principalmente perforaciones y muestreo de densidades, para elaborar análisis dinámicos encaminados a definir las diferencias ingenieriles principales las cuales pueden ser bases fidedignas que infieran restricciones, de no hacer uso de las áreas fracturadas, para construcción de edificaciones. Por lo tanto un análisis dinámico se llevó a cabo, usando el programa SHAKE de análisis de Ondas de Cortante, las cuales inducen movimientos horizontales en la superficie o estrato de suelo en que se asientan las Estructuras. Seguidamente usar las ondas generadas en superficie como aceleraciones horizontales del suelo y propiciar un análisis espectral en el dominio de las frecuencias.

El análisis sobre fallas, alrededor de estas y fuera de ellas nos condujeron a definir diferencias cualitativas y cuantitativas tanto en sus estratificaciones propias como en sus alrededores y sus repuestas dinámicas típicas, las cuales fueron comparadas con otros sitios en Managua y otros estudios similares llevados a cabo. Fue sujeto también de análisis intensivo, el BASAMENTO DE MANAGUA, el cual fue explorado con Penetración Estándar y medida su capacidad de transmisión de ondas en zonas fracturadas y no fracturadas, muestras de este estrato fueron analizados geotécnicamente en Suecia, en el Instituto Real de Tecnología KTH por los estudiantes tesis Ola Norberg y Peter Ekholm.

Dadas las complicaciones profundas en cuanto a parámetros, formulaciones y modelos de análisis divergentes, fue necesario la creación de formula para investigación y generación de las ondas de corte a partir del numero de golpes por pies de la prueba de Penetración Estándar, así como también definir nuestro propio modelo de Basamento para poder obtener diferencias cualitativas en áreas con fallas y áreas sin estas.

La escasez profunda de acelerogramas o registros de Terremotos tanto en superficie como en Basa-

mento, nos obligo a usar la siguiente hipótesis, la cual en el transcurso del presente análisis se trata de explicar explícitamente y que a continuación enunciamos.

En este análisis el Terremoto de Managua de Diciembre de 1972 es considerado como el Terremoto "SSE" definido para la construcción de Centrales Atómicas, con la salvedad que aquí se define como: El Terremoto mas fuerte que se espera ocurra una sola vez durante la vida de una estructura "50 años", aceptando la justificación económica que un terremoto con estas características produzca daños estructurales de importancia, siempre que se evite la destrucción de la construcción, o sea que son daños reparables, esto para edificaciones comunes y para edificaciones importantes como hospitales, escuelas, clínicas medianas, gasolineras, tanques de agua etc, los daños no sean estructurales y se garantice la continua operación de sus funciones (ver H. Barbat en Estructuras sometidas a Acciones Sísmicas, pag.415).

Los efectos retardantes en la velocidad de propagación de las ondas de cortante (ver pag.77, tesis de Peter y Ola), calculada a partir de la onda primaria "P", fueron utilizados para crear un modelo para áreas falladas, el cual fue comparado con resultados de modelo de Basamento sano y erosionado y tratar de obtener diferencias cualitativas. Por ultimo, el análisis dinámico se extendió a otros sitios de Managua, incluyendo Ciudad Sandino, extremo Oeste de la ciudad y sobre coeficientes dinámicos expuestos en el Reglamento de la Construcción para Managua, con la finalidad de examinar si su procedencia tomaba en cuenta la construcción sobre áreas con fallamiento en Basamento y/o superficie.

La conjugación de resultados no dio luz clara o razones contundentes de "NO restringir sitios" con fracturamientos o trazas de fallas para ser usados en construcciones, mas bien y en cierto sentido el fracturamiento impide que ondas de alta frecuencias

alcancen la superficie, lo cual beneficia a construcciones rígidas con frecuencias mayor a 5 hertz y de un piso. El efecto de amplificación de ondas se ve restringido por el efecto atenuante a las ondas de frecuencia alta y por cuanto la aceleración máxima en superficie se ve mermada a valores solo comparables con sitios con basamento profundo (ver. Tabla no.10 de este estudio). Por lo tanto creemos que el efecto dinámico inducido en el suelo y las estructuras por ondas sísmicas en sitios sobre fallas y trazas de fallas, no es el principal motivo para que estos sitios sean restringidos totalmente en su uso. El problema mecánico de ruptura de suelo es un fenómeno aparte y desde 1940 existen estudios y análisis conducentes a minimizar su daño y máxime en el presente cuando el modelo antisísmico "Aisladores de Base" su costo y fabricación son ya a nivel mundial accesibles, lo cual fue una fuerte restricción en los años 40. Los Terremotos generados en Managua por el sistema de fallas existentes, genera principalmente Terremotos de alta frecuencia 4.4 Hertz, la frecuencia predominante en Basamento para el terremoto del 23 de Diciembre de 1972 y mucho más altas, 5 o 6 hertz., para los generados en 1931 y 1968. Se aclara también y en base al movimiento mecánico principal del fallamiento de Managua "Tipo Deslizamientos Horizontales", el cual es igualmente dañino al compararlo con movimiento secundario vertical para ciertos sitios y condiciones estructurales específicas. Que el actual sistema de microzonificación en Managua, incluyendo todos los métodos existentes, geofísicos y no geofísico, son insuficientes para definir el uso de un sitio dado, en vista que el movimiento principal (movimiento horizontal), es imposible determinarlo con las técnicas actuales y las mediciones visuales in situ realizadas hace muchos años, tienden a desvirtuar el real desplazamiento por efectos friccionales en los estratos superficiales.

Por lo tanto pensamos que los estudios encaminados a la determinación de cualidades restrictivas locales para

la construcciones de Edificaciones sean bajo la ética interdisciplinaria y multiparticipativa de profesiones afines. El análisis interdisciplinario es el camino más adecuado. Para concluir, no encontramos ningún parámetro cualitativo en el reglamento de la construcción para Nicaragua, que sea dirigido para satisfacer necesidades de construcción sobre fallas, mas bien su ética de Reglamento de la construcción se ve mermada por el artículo 9, capítulo II, dándole la última palabra de construcción a una matriz de planeamiento y a Estudios para Riesgos Sísmicos y por fallamiento superficial de hecho con grandes restricciones y deficiencias genéricas y alcances geocientíficos.

Con respecto a resultados dinámicos, las gráficas sobre amplificaciones espectrales versus frecuencias de vibración de los suelos, son claros al definir cuantitativamente el efecto atenuador de ondas y el cambio de la frecuencia natural del perfil de suelo hacia rangos bajos de frecuencias, lo cual para muchos casos es una ventaja, dado que aparta al perfil de suelo de la condición no grata de resonancia, los casos positivos o negativos pueden ser correlacionados, usando tanto la respuesta de Amplificación Espectral, como las aceleraciones Espectrales, en conjunto con las 10 tablas dadas de comparaciones cuantitativas de los análisis ejecutados.

3.1. PROSPECCION GEOELECTRICA

INTRODUCCION

El presente estudio es parte integrante de una amplia gama de investigaciones geofísicas, geológicas, geotécnicas y de amenaza sísmica efectuadas para el proyecto: "Managua, Ciudad más Vulnerable". En este informe se expone la prospección geoeléctrica del sistema de falla aeropuerto en algunos segmentos a lo largo de su longitud total y la correspondiente al sistema de fallas Tiscapa – Chico Pelón en su prolongación sur hasta el nuevo límite urbano de la ciudad de Managua. Es objetivo principal de esta prospec-

ción geofísica, contribuir con la cartografía actualizada de fallas geológicas de la ciudad de Managua. Esta cartografía actualizada de amenaza geológica por impacto sísmico representa uno de los dos componentes principales que integran el proyecto actualmente en ejecución: "Managua Ciudad más Vulnerable".

De suma relevancia son los estudios de prospección geofísica para cartografía de sistemas de fallas geológicas activas emplazadas en zonas urbanizadas, como es el caso de Managua. El conocimiento detallado de estos sistemas permite evaluar además del riesgo sísmico común, el debido a ruptura superficial de fallas locales.

Para determinar, ubicar y delimitar sistemas de fallas se utilizan en la actualidad diferentes metodologías geológicas y geofísicas. Por ejemplo, los estudios de enjambres sísmicos para mapeo de dislocaciones disyuntivas son de extraordinaria efectividad, ya que no solo proporcionan la traza de falla sino también el mecanismo focal de ésta. Sin embargo este método presenta el inconveniente de requerir de la ocurrencia de sismos lo cual es ya una limitante espacial y temporal. No obstante están a la disposición una amplia variedad de métodos de exploración geofísica que pueden aplicarse con ínfimas o ninguna limitante.

El método de prospección de calicatas eléctricas representa en este estudio (cartografía actualizada de fallas geológicas de la ciudad de Managua), la metodología geofísica empleada en los diferentes sitios para la determinación de zonas de fallas y/o fracturas. Esta técnica de campo y otras de igual índole exhiben extraordinaria cobertura y son de incomparable utilidad en la determinación del techo del fallamiento, buzamiento, bloque dislocado, anchura del fallamiento y/o fracturamiento y traza de falla; estos dos últimos parámetros son de especial importancia en el análisis del riesgo por ruptura de fallamiento superficial a la que estarían sometidas las estructuras a edificarse en los sitios ubicados sobre, alrededor o fuera de zonas de fallas y/o fracturas.

3.2. METODO Y METODOLOGIA DE LEVANTAMIENTO GEOELECTRICO

Método de Prospección Geoeléctrica

En este estudio se utilizó el método geofísico "Calicatas eléctricas" para efectuar la prospección geoeléctrica del sistema de fallas Tiscapa-Chico Pelón en su prolongación sur hasta el nuevo límite urbano de la ciudad de Managua y la correspondiente al sistema de falla Aeropuerto.

Con el método geofísico "Calicatas eléctricas" se investigan las variaciones laterales en la resistividad aparente del subsuelo a profundidad aproximadamente constante. Con este método geoeléctrico se detectan cuerpos o estructuras geológicas que se presenten como heterogeneidades laterales de resistividad.

El método de prospección calicatas eléctricas ha permitido determinar la existencia y ubicación de zonas de fallas y/o fracturas subsuperficiales en diferentes sitios dentro del graben de Managua. Este método ha revelado excelente resolución en la cartografía superficial del subsuelo de Managua, con una profundidad de estudio establecida "a priori" y enfatizando todo tipo de deformación tectónica, ya sea principal ó secundaria en los estratos o capas geológicas del grupo Managua o grupo Las Sierras.

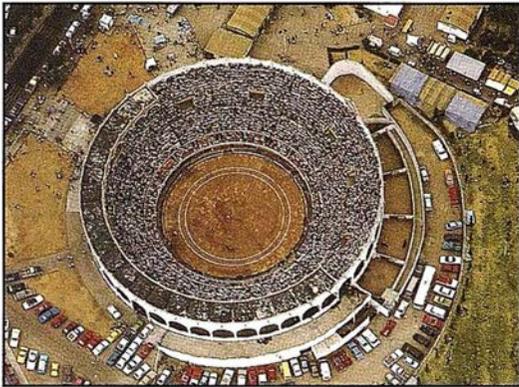
Las calicatas eléctricas se acoplan perfectamente con otros métodos geoeléctricos y geológicos de exploración entre los cuales se incluyen: Mapeo geológico superficial, sondeos de penetración estándar, sondeos eléctricos verticales, fotointerpretación a escala adecuada y perfiles de perforaciones debidamente catalogadas.

Metodología del Levantamiento Geoeléctrico

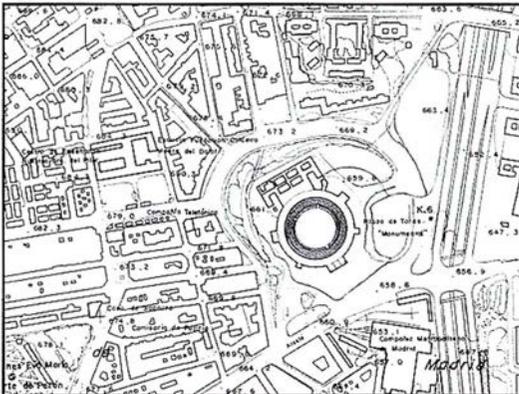
Las curvas de calicatas eléctricas obtenidas durante el levantamiento de campo, se efectuaron con el dispositivo Schlumberger simétrico.



ESTO LO CREO SOLA LA NATURALEZA



AQUI EL HOMBRE YA COLABORO CON LA
TOPOGRAFIA CLASICA



HOY, SE APOYA Y ACTUALIZA CON GPS

**ESPECIALISTAS EN EQUIPOS DE TOPOGRAFIA, GPS Y
LASER**

ASISTENCIA Y MINERIA S.L.
Quintana,23
28008 Madrid
Tel: 91-5428063
Fax: 91-5595674



El dispositivo Schlumberger simétrico, al igual que todos los dispositivos de medición, está integrado por electrodos de emisión y electrodos de Recepción. A través de los electrodos de emisión fluye la corriente al subsuelo cuya intensidad se mide con un miliamperímetro (En este estudio se utilizó un transmisor de onda cuadrada en el dominio del tiempo y frecuencia, TSQ-3. El campo eléctrico de esta corriente origina una diferencia de potencial entre los electrodos de recepción, cuya intensidad se mide con un milivoltímetro (Aquí se utilizó un microvoltímetro digital con apilamiento de señales, I.P.R-10A).

El error relativo máximo en los valores medidos de resistividad aparente es inferior al 5%.

DESCRIPCION DE PERFILES GEOELECTRICOS

El levantamiento de campo se llevó a cabo a lo largo de 14 perfiles geoelectricos de medición que se corresponden con igual número de curvas de calcatas eléctricas ó gráficas de resistividad aparente. Se efectuaron 9 perfiles geoelectricos de medición sobre el sistema de fallas Tiscapa - Chico Pelón y el resto en algunos sitios dentro del sistema de falla Aeropuerto.

Los perfiles geoelectricos no se enumeraron siguiendo su orden durante el levantamiento de campo sino que atendiendo a su ubicación de sur a norte, es decir, el primer y último perfil corresponden a los perfiles ubicados más al sur y más al norte, respectivamente.

La longitud total para cada uno de los 14 perfiles geoelectricos de medición fue la siguiente:

- 1.- Perfil I (420 metros)
- 2.- Perfil II (425 metros)
- 3.- Perfil III (705 metros)
- 4.- Perfil IV (250 metros)
- 5.- Perfil V (240 metros)
- 6.- Perfil VI (275 metros)
- 7.- Perfil VII (250 metros)

- 8.- Perfil VIII (230 metros)
- 9.- Perfil IX (310 metros)
- 10.- Perfil X (390 metros)
- 11.- Perfil XI (410 metros)
- 12.- Perfil XII (350 metros)
- 13.- Perfil XIII (410 metros)
- 14.- Perfil XIV (350 metros)

Todos los perfiles geoelectricos se orientaron perpendicularmente al rumbo de las estructuras geológicas sueltas y al de las expresiones geomorfológicas; ambos rumbos son aproximadamente coincidentes.

INTERPRETACION DE PERFILES GEOELECTRICOS

El objetivo de la interpretación cuantitativa es determinar la posición exacta, anchura y buzamiento aproximado de las heterogeneidades geológicas detectadas durante el levantamiento geoelectrico.

En este informe no se expresan análisis y resultados de la interpretación cuantitativa de anomalías geoelectricas asociadas con la topografía del terreno ó deformadas por ésta y no asociadas a estructuras geológicas disyuntivas, ya que la influencia de los accidentes topográficos sobre las curvas de calcatas eléctricas sólo se considera de forma cualitativa.

Con la interpretación de las gráficas de resistividad aparente y para cada uno de 12 perfiles geoelectricos de medición, se obtienen los siguientes resultados.

PERFIL I (Perfil que Atraviesa Presa)

El extremo oeste de este perfil de 420 metros de longitud, atravesó una depresión rellena parcialmente de material conductor. Esta depresión rellena funciona en este sitio como muro de retención de abundante material arcilloso.

La resistividad (ρ_2) del segundo medio resistivo es aproximadamente 2.5

veces mayor que la resistividad (ρ_1) del primer medio conductor ($\rho_2 = 2.5 \rho_1$).

A lo largo de todo el perfil, no se localiza ninguna anomalía geoelectrica característica de fallamiento geológico.

PERFIL II (Detrás del Museo)

En uno de los extremos de este perfil con 425 metros de longitud se localiza una anomalía geoelectrica de contacto geológico subvertical la que puede estar asociada al sistema de falla Tiscapa. Esta anomalía geoelectrica se observa deformada por efecto topográfico.

La resistividad (ρ_1) del primer medio resistivo es aproximadamente 2.9 veces mayor que la resistividad (ρ_2) del segundo medio conductor ($\rho_1 = 2.9 \rho_2$).

PERFIL III (Delante de Museo)

En uno de los extremos de este perfil con una longitud de 705 metros se observan dos anomalías geoelectricas asociadas con capas delgadas resistivas, una de estas es subvertical y la otra se infiere que está inclinada buzando suavemente al este.

La resistividad (ρ_2) de la capa resistiva es aproximadamente 1.6 veces mayor que la resistividad (ρ_1) del medio encajante ($\rho_2 = 1.6 \rho_1$).

A lo largo de todo el perfil, no se localiza ninguna anomalía geoelectrica característica de fallamiento geológico.

PERFIL IV (Entrada a Museo - Monumento)

En este perfil de 250 metros de longitud se localiza una anomalía geoelectrica de contacto geológico subvertical la cual se asocia con el sistema de falla Tiscapa.

Se infiere que esta anomalía geoelectrica se presenta deformada por influencia de expresión geomorfológica.

PERFIL V (200 Metros al Norte de Perfil IV)

En este perfil con 240 metros de longitud se observa una anomalía geoelectrica principal la cual se asocia al sistema de falla Tiscapa.

La resistividad (ρ_1) del primer medio más resistivo es aproximadamente 1.8 veces mayor que la resistividad (ρ_2) del segundo medio ($\rho_2 = 1.8 \rho_1$).

PERFIL VI (Perfil que Atraviesa Sistema Chico Pelón)

En este perfil de 275 metros de longitud se localizan dos anomalías geoelectricas principales. Una de estas anomalías corresponde a un contacto geológico subvertical y la otra a una capa resistiva subvertical. Esta última anomalía está asociada con el sistema de falla Chico Pelón. En este lugar y a lo largo del perfil geoelectrico de medición, esta zona de falla presenta una expresión superficial de 7.5 metros de ancho.

PERFIL VII

En este perfil con 250 metros de longitud se determina una anomalía geoelectrica importante. Esta anomalía, según se infiere, corresponde a una zona de fracturamiento tensional subvertical por asentamiento de estratos. Esta zona de fracturamiento está asociada al sistema de falla Tiscapa.

PERFIL VIII (Al Sur de Escuela)

A lo largo de todo este perfil de 230 metros de longitud, no se infiere ninguna anomalía geoelectrica característica de fallamiento geológico.

PERFIL IX (Calle Principal del Barrio)

Este perfil geoelectrico tiene una longitud total de 310 metros. En este perfil se localizan dos anomalías geoelectricas principales. Estas anomalías corresponden a igual número de zonas de fracturamiento tensional. Una de estas fracturas tensionales está asociada con el sistema de falla Chico Pelón.

La resistividad (ρ_1) del medio más resistivo es aproximadamente 5 veces mayor que la resistividad (ρ_2) del medio más conductor ($\rho_2 = 5 \rho_1$)

PERFIL XI (Sector Sur de Aeropuerto)

En este perfil de 410 metros de longitud se identifican dos anomalías geoelectricas importantes. Se infiere que estas anomalías geoelectricas corresponden a una zona de fracturamiento territorial y a un contacto geológico subvertical, respectivamente. Una de estas anomalías está asociada con la zona principal del sistema de falla Aeropuerto.

La resistividad (ρ_1) del primer medio resistivo es aproximadamente 1.6 veces mayor que la resistividad (ρ_2) del segundo medio conductor ($\rho_1 = 1.6 \rho_2$).

PERFIL XII (Al Este de Mercado de Mayoreo)

En este perfil con 350 metros de longitud se localiza una anomalía geoelectrica de interés geológico la que se infiere está asociada al sistema de Falla Aeropuerto.

La resistividad (ρ_1) del primer medio más resistivo es aproximadamente 1.5 veces mayor que la resistividad (ρ_2) del segundo medio ($\rho_1 = 1.5 \rho_2$).

PERFIL XIV (Las Jaguitas)

Este perfil geoelectrico muestra una longitud total de 350 metros. En este perfil se determina una anomalía geoelectrica principal. Se infiere que esta anomalía corresponde a la zona principal al sistema de falla Aeropuerto.

RESULTADOS

- 1.- Se infiere que la topografía irregular característica de toda la zona de estudio, influye con la deformación de las anomalías geoelectricas (ver #6).
- 2.- A pesar de esta perturbación topográfica, las anomalías geoelectricas caracterizan extraordinariamente a las distintas estructuras tectónicas con sus zonas de defor-

mación estructural y a otras heterogeneidades geológicas no asociadas a estructuras disyuntivas.

- 3.- En la parte final de este informe se muestran 6 curvas de calcatas eléctricas que caracterizan de forma general todas las anomalías geoelectricas encontradas en las zonas de estudio.
- 4.- En el mapa de resultados se observa la traza de los sistemas de fallas Tiscapa-Chico Pelón y Aeropuerto mapeados con apoyo de la interpretación geoelectrica del plano de falla principal.
- 5.- La ubicación inferida del plano de falla principal se trasladó al mapa de resultados utilizando mediciones GPS de elevada precisión.

3.3. PROSPECCION MAGNETICA

CONCLUSIONES GENERALES

Los métodos magnéticos figuran entre los más baratos de la Geofísica, y desde el punto de vista operacional también entre los más rápidos y sencillos, por otra parte el campo de aplicación de los métodos magnéticos es tan amplio que, en general es buena política la inclusión de una prospección magnética magnético en cualquier análisis de geofísica integral de cierta importancia.

El levantamiento de la fuerza total del campo magnético en el área de Managua y sus alrededores ha sido de gran utilidad en la detección de zonas de fallas y fracturamientos geológicos. A través de los cuales se han mapeado con precisión diferentes lineamientos que atraviesan Managua.

Como el método magnético de prospección se basa en la detección de desviaciones (anomalías) en el campo terrestre es necesario tener una idea del comportamiento normal de este. Para eso se utilizaron dos magnetómetros de la marea EDA OMNI 2000, de los cuales uno se instaló para registro de la variación diurna (Estación Base) y el otro para el levantamiento de los perfiles.

Para el estudio de la prolongación de la falla Tiscapa se midió la fuerza total del campo magnético terrestre en tres perfiles de longitud aproximada a los 600 m. (ver mapa de localización) y paso entre estaciones de 10 m. El sitio bajo estudio esta localizado en el borde sur - de la ciudad de Managua, exactamente en el asentamiento conocido como Hallalia.

La topografía del sitio es muy irregular presentando cuatro lomas y tres valles en la parte norte y un gran cauce natural en la parte sur.

Estratigráficamente la parte más inferior de los productos volcánicos observados en el área de interés corresponde a tobas aglomeradas compactas, correspondiente al grupo las Sierras el cual es el basamento para Managua, suprayaciendo las Sierras se observa el grupo Managua que corresponde a una serie de productos volcánicos recientes entre los cuales destacan las escorias de Masaya con potencias observadas de hasta 3 metros, la cual es muy magnética.

Del análisis de los perfiles y su correlación con la geología del lugar se concluye lo siguiente.

Se confirma la prolongación de más de 1500 m. hacia el sur de la falla Tiscapa, medida esta desde el Punto GPS Perfil I (ver mapa de localización). Las anomalías observadas corresponden a la estructura de graben que conforman el sistema de fallas Tiscapa - Chico Pelón.

El graben se extiende desde el punto GPS Perfil I hasta los 1500 m. hacia el sur.

Se recomienda realizar un levantamiento topográfico en detalle para realizar una interpretación cuantitativa del sistema de fallas observados para determinar los parámetros respectivos con mayor precisión.

FALLA AEROPUERTO

Las técnicas de levantamiento fueron las mismas empleadas en la falla

Tiscapa ya que están bajo la misma afectación de los productos volcánicos de Masaya. En dicha falla se recomienda continuar los estudios en la prolongación Sur con más detalle, ya que existen sitios entre perfiles donde no se encuentran evidencias o anomalías asociadas a fallamiento.

4.1. LAS FALLAS EN MANAGUA

Se conocen al menos cinco Mapas de Fallas activas sobre la cuenca Managua o graben Managua, que se extiende desde Ciudad Sandino al Oeste y hasta Tipitapa al Este, ambos extremos delimitados por dos grandes Fallas, Mateare-Las Nubes al Oeste y Tipitapa-Cofradía al Este. Entre estos dos extremos se conocen hoy en día de una u otra forma diez fallas activas a lo largo de 25 kilómetros. Por cuanto es probable que cualquier parte de la que es actualmente Managua, sea parte de un foco generador de sismos superficiales de Magnitud intermedia.

La prolongación Sur-Norte de las fallas, también fué estudiada por muchos autores. Estando en el rango de unos cuantos kilómetros hasta decenas de kilómetros. Su rumbo o trayectoria sobre la ciudad cambia de autor a autor, por lo cual la supuesta afectación local o directa es a veces un nodo de restricciones.

El estudio más completo fué, realizado por los consultores Wood-War-Clyde, famosos en el área Latino Americana, se convirtió en todo un sistema de restricciones, limitaciones y medio de subsistencia económica e incluso dió paso a un ambiente de regalías y favores. Su producto final, un mapa con las fallas en lo que es el centro de Managua principalmente que, hoy en día, representa un pequeño porcentaje de la extensión real que ocupa la capital. El estudio aunque muy técnico, no fue terminado totalmente, dado que el sistema de colores empleado para diferenciar entre falla activa o inactiva, se basa en estudios limitados y más bien el grado de conocimiento de una falla, es el principal factor para catalogarla de activa o inactiva.

Para pasar del color verde al azul, hay que hacer un estudio "Con Métodos Restringidos" de poca cobertura, costosos y destructivos y la decisión del ¿qué hacer?, no se basa en aspectos Ingenieriles o multidisciplinarios si no más bien geológicos, lo cual aún más limita el espectro de ¿qué hacer?, ¿dónde hacer? y el ¿cómo hacer?. A esta última interrogante el aspecto Multidisciplinario no tiene ninguna validez y más bien la última decisión es un **Si** o un **No**, dado en una matriz, confusa, incipiente y sin alternativas modulantes. Aunque los informes finales en dos grandes volúmenes, tocan aspectos muy importantes por ejemplo, las definiciones de trazas de falla, no fueron suficientes para dar alternativas o fueron estas tan confusas que hoy en día muchos ingenieros no comprenden o confunden con sistemas constructivos desarrollados a nivel mundial.

En resumen dicho informe se centra en dar algunas decisiones del construir en áreas muy limitadas y con las fallas más evidentes.

Dan por un hecho, que las fallas y sus trazas fueron la causante principal del colapso de muchos tipos estructurales, aunque el problema no fue estudiado ampliamente y hoy en día la dicotomía de **Sí** y **No**, prevalece en el sistema de toma de decisiones.

Muchas trazas de fallas fueron producto del colapso elástico de muchas capas de suelo por esfuerzos de corte generados por el tren de ondas producidas por el sismo, que en conjunto con las trazas de fallas producidos por diversos fenómenos areales, amplificaron el ancho y/o largo de algunas de estas o dieron paso a la definición de otras (Ver Mapa de Fallas, Fallas Tiscapa-Chico Pelón y Estadio).

En segundo termino de importancia y para nosotros, en particular, el mejor estudio realizado en Managua, lo ejecutó un equipo multidisciplinario de profesionales Mexicanos, los cuales produjeron dos informes, del fenómeno integral en Managua y en su segundo tomo se dan premisas para la elaboración de un código de construc-

DIRECCIONES DE INTERÉS



SUMMA
SERVICIO DE INGENIERIA
Y CONSULTORES, S.A

Passeig Pere III, nº 19 Ent. 1a
08240 MANRESA (Barcelona)
Telf. 93-8724200 / Fax. 93-8727735
E-mail: fgis@summa-eng.com



*Cartografía y Topografía
Mapas Temáticos
Aplicaciones SIG-GIS
Inventarios y Catastro*

Avda. de los Chopos nº 33 - 48990 Getxo (Bizkaia)
Tel.: 94 431 90 15 • Fax: 94 430 00 91
E-mail: its@ic.coinpasa.com - <http://www.itsistemas.com>



La AET publica la Revista de Teledetección, promueve reuniones especializadas y cursos, ofrece asesoramiento y organiza el Congreso Nacional de Teledetección.

Apartado de Correos 36.104 - 28080 Madrid
e-mail: aet@latuv.uva.es



Parque Pisa, C/ Juventud, 24 - Ed. Juventud 1ª Planta
41927 Mairena del Aljarafe - SEVILLA • Tel.: 95 418 55 50
Fax: 95 418 55 52 • E-mail: gst123@teletel.es

**Geo
center**

MADRID	913801823
ANDALUCIA	958446342
LEVANTE	963775116
CATALUÑA	932650843
PAIS VASCO	945298085

<http://personal5.iddeo.es/geocenter>

DISTRIBUIDOR OFICIAL
VENTA Y ALQUILER



Aplicaciones de CAD CAM y GIS S.L

- Centro de Sistemas y Desarrollador Registrado de Autodesk.
- Dirección de Proyectos GIS.
- Programación a medida.
- Soporte técnico y Consultoría.
- Formación especializada.

Valencia. Av. Cid, 105 - 5º Tel. 96.383.72.65 gis@aplicad.com
Castellón. C/ Mayor, 100 - 3º Tel. 964.48.70 aplicad@aplicad.com
www.aplicad.com



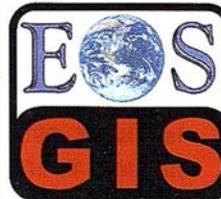
Sistemas de Información Geográfica. Lda.

DISTRIBUIDOR
AUTORIZADO



THE INFORMATION DISCOVERY COMPANY

Doctor Esquerdo, 105 - 28007 MADRID - España - <http://www.geograf.pt>
Tel.: (34) 91 400 96 38 / 52 - Fax: (34) 91 409 64 52



- Digitalización de Cartografía: Curvas de nivel, planimetría, Coberturas.
- Cálculo de Modelos Digitales de Terreno.
- Creación de Imágenes y Animaciones fotorealistas 3D con integración SIG.
- Cartografía temática.
- Escaneado y Georreferenciación de cartografía.
- Programación de aplicaciones.

C/ Ponzano, 39-41 - 5ºF - Madrid 28003 - España - Tel. 91 451 45 90
[Http://ourworld.compuserve.com/homepages/mgis](http://ourworld.compuserve.com/homepages/mgis)
[Http://www.EOSGIS.com](http://www.EOSGIS.com) - E-mail: mgis@compuserve.com



C/ Prieto de Castro, 1 - 1º • Apartado de Correos, 81
Tels.: 987 - 60 21 55 - 60 22 65 • Fax: 987 - 60 23 22
24700 ASTORGA



Pº Arco de Ladrillo, 64 portal 3 - 1º Oficina 4- Tel.: 983 239 440
983 239 171 - Fax: 983 239 047 • fom_ges@mx3.redestb.es
47008 VALLADOLID

ción para la ciudad. Este informe no fue aceptado por contener terminologías avanzadas en relación al nivel alcanzado de la Ingeniería Antisísmica en el país. Dicho informe propone alternativas de construcción sobre fallas, fuera de fallas y en la parte de los grabenes o estructuras de colapso vertical o acompañadas de esfuerzos de corte y compresión lateral.

Adicionales a estos estudios, se ejecutaron informes geológicos por Juan Kuang y otros, relacionados con las fallas en Managua, pero en general todos muy restringidos al centro de Managua; o bien con su alcance global.

Puede ser esta una de las causas por las cuales el centro Histórico de Managua permanece aún sin construirse, siendo una área libre de fallamiento.

4.2. IMPORTANCIA DE LAS FALLAS

El Fallamiento de Managua es indudablemente denso y comparable con otras ciudades del mundo con iguales problemas; entre otras Berkeley, Los Angeles, Kobe, Guatemala capital etc. Una densidad de 0.6 – 0.7 kms/km² de fallas y/o fracturas es alto, lo cual refuerza que la posibilidad de que en alguna parte o núcleo areal de Managua, puede en el futuro, ser el área epicentral de un terremoto de magnitud 4 o 6 en la escala de Richter.

La densidad alta de Fallas en Managua, 10 fallas en una longitud de 25 kilómetros, fue el motivo principal para que el Sr. Piere Saint-Amand, en su artículo Estructura geológica y sismicidad de la ciudad de Managua, concluyera en la pág.23 que una microzonificación para evitar los efectos debido a movimientos en la ciudad de Managua, no es práctico, dada la abundancia de Fallas. El mismo autor en la pág.24, recomienda un tipo de fundación la cual puede minimizar daños a las estructuras por movimientos pequeños de Fallas.

Los aspectos anteriores se ven reforzados por las conclusiones de "Plafker

y Bronwn Jr." en su estudio "Efectos Geológicos superficiales del Terremoto de Diciembre de 1972 en Managua"; pág.140, en la cual se dice claramente que; nuevos fallamientos superficiales son posibles, iguales o parecidos en una gran zona, la cual incluye el área presente de Managua.

Conclusiones parecidas a las anteriores obtuvieron también en el Tomo I, sobre los Aspectos Geológicos de Managua relativo al Fallamiento; por grupo interdisciplinario de trabajo del Ministerio de Obras Publicas de México, los cuales trabajaron en Managua después del Terremoto de Diciembre del 72.

Este grupo de científicos en la primera parte de su Documento final y en las pág. 1 – 7, del inciso "Influencia de la presencia de Fallas Geológicas superficiales en el desarrollo Urbano" proponen todo un planteamiento sobre la construcción sobre fallas. "Directamente sobre El plano de Fallas y zona de Subsistencia o Grabenes", también al respecto puede leerse a Slemmos, 1977, pág.24, en su Libro "Fallas y Magnitud de los Terremotos".

También científicos y profesionales Nicaragüenses hicieron excelentes trabajos, al respecto, Chávez, Hansen y Quezada, sobre Isosistas de Managua, Juan Kuang y La Dirección de Catastro, ejecutaron estudios respectivamente que son fuente de información veraz, para nuestros días en el presente. Podemos decir que los estudios de Cluff y Bronw Jr, en conjunto con Mapa de fracturas levantado y editado por "Catastro" y el Mapa de Isosistas de Managua, son de los mejores informes in situ, realizado después del Terremoto de 1972, en lo tocante a trazas de fallas.

Indudablemente no podemos menospreciar u olvidar, los extensos trabajos de Wallace, la corporación Wood Ward – Clyde, y otros, en tratar de realizar una Microzonificación en Managua, obviamente contemplar todas las amenazas por vulcanismos, terremotos, movimientos mecánicos de la superficie del suelo y efecto colaterales directos de la respuesta de suelo

ante terremotos, como son, asentamientos de suelos, deslizamientos de tierra, fracturas por pérdida de su capacidad de esfuerzo de corte, licuefacción, abundamientos, no es fácil etc. Más complicado aún es el de tratar de incorporar otras respuestas del suelo asociados a la interacción de la estructura y el suelo, dado que abundamientos con presiones, y cortes en aceras y cunetas fueron debidas en parte a presiones de los edificios, en la superficie del suelo. Lo anterior sumado al colapso social de aquellos días y a trabajos de remoción y limpieza de escombros dificultó grandemente muchas investigaciones en detalle.

Sin lugar a dudas una conclusión generalizada sobre los efectos superficiales y destrucción estructural del terreno de 1972, fue la siguiente: Que los terremotos se producen directamente debajo de la ciudad. Los edificios en general tenían muy poca capacidad para resistir esfuerzos cortantes en su Base o primer piso portante. El desplazamiento de 4 a 5 fallas a través de toda el área de Managua. Así mismo una conclusión generalizada es la de que el suelo se comporto adecuadamente, (ver a Valera y Dames Moore) y muchos fenómenos asociados son indudablemente una respuesta normal la cual no podría modificarse tan fácilmente. Por otro lado la gran mayoría de estudios concluyeron que Managua puede ser construida en el mismo sitio, y cada estudio, no obstante propone y recomienda sus propias opciones y alternativas.

Los autores mencionados anteriormente, son algunos de los muchos que abordaron el Terremoto de 1972, por mencionar algunos y los más antiguos.

SE PUEDE CONSTRUIR SOBRE FALLAS

Otro aspecto fundamental en la historia de aplicación de técnicas, directrices, y análisis etc. sobre el terremoto de 1972, es la de que si es o no conveniente construir sobre fallas. Entendiéndose a estas, como una

franja plana o línea en la cual existe movimiento del suelo, fuese este lateral, normal o extensional o una combinación de los anteriores. Para mencionar los mejores estudios, "Plafker-Brown, Ministerio de Obras Públicas de México, Wallace, Woodward-Clyde, Catastro, Faccioli, Valera", definieron el problema, con estudios de desplazamientos y fracturas, lo cual les permitió darse una idea de las zonas fracturadas, ancho y extensiones. Estas zonas fracturadas oscilan desde pocos metros "2-5 mts", hasta cientos de metros (ver Woodward-Clyde, Wallace) y proposiciones de Juan Kuang etc. Sin embargo fueron los Mexicanos los que subdividieron el problema por tipo de suelo y por características de fallamiento: En zona de falla y zona de Graben, especifican el diseño vertical en un 50% mayor que para el resto de la ciudad (propuesta muchas veces incomprendida).

El gobierno de Nicaragua de este tiempo, tomo las opciones recomendadas por la corporación Woodward-Clyde la cual fue contratada para elaborar un estudio de Microzonificación en Managua. Podemos mencionar que dichos estudios son adecuados para el centro de Managua únicamente, y su técnica simula el mismo patrón adoptado por Wallace, que en pág.174 presenta un mapa de zonificación de Managua, según el autor, respetando dicha zonificación se puede reducir el peligro o amenaza por fallamiento superficial. Así mismo y en concordancia con lo definido por el decreto No.90, del 24 de Enero de 1973, Wallace propone tres grupos de edificaciones sobre las que se les impone algún tipo de restricción o condición. El mismo esquema es propuesto por Woodward -Clyde, con la opción que su matriz se compone principalmente de seis grupos, y la decisión de construir o no construir recae sobre la existencia comprobada, con técnicas a cielo abierto, de fallas con desplazamientos medidos en una cantidad de centímetros, posiblemente definidos por sus propias excavaciones en determinado estrato guía, también definido por ellos.

Después de realizado dicho estudio y concluido en el año 1975 pocas modi-

ficaciones se le han realizado y aunque, Woodward-Clyde es claro al definir su mapa como preliminar y a ser usado como complemento a una matriz de planeamiento emitida por el Vice Ministro de Planificación Urbana, este fue hecho ley, con o sin decreto y cuya función básica era, comprobar la existencia de falla Roja, la comprobación de esta, define tomar la decisión de "No permitir la construcción de un grupo específico de construcciones". (ver matriz de planeamiento, Junio 5 de 1975).

Siguiendo ese mismo patrón el estudio define cuatro colores más, el anaranjado, azul, verde y blanco. Todos y cada uno tienen un valor el cual esta en función de la identificación de la falla con métodos subterráneos, así que los colores rojo y naranja están relacionados con estudios subterráneos, el azul y verde relacionados con otros métodos de localización de fallas y el blanco, en donde no existe evidencia fotogeologica o de otro tipo, pero no se puede excluir la presencia de fallas activas, lo cual implica que es necesario realizar estudios subterráneos. Obviamente dicho trabajo y parte de el, hubiesen tenido mayor trascendencia para el futuro, si todas las zanjas se hubiesen hecho en zona blanca, así se hubiesen ahorrado miles de dólares, tiempo, limitantes y es posible que el centro de Managua estuviese construido.

Para 1998, la situación legal se mantiene sin cambios profundos, Managua sigue creciendo, el centro histórico esta en construcción permanente, las áreas de fallas en conjunto con aquellas áreas en donde quedaron muchas casas sin daños o en condición de reparables, pero que muy probablemente se ubiquen bajo un plano de fallas, existen hoy en día y crecen y se densifican, incluso hospitales, están siendo o ya fueron en parte construidos sobre o muy cerca (metros) de fallas que se definieron como activas.

El estudio Mexicano recomienda construcciones Menores o iguales a dos plantas y área total menor o igual a 400 mts. cuadrados directamente sobre las Trazas de Fallas.

R. Wallace, recomienda en pág. 176 y 177 de su informe construir solo viviendas individuales.

Plafker y Brown Jr. en pág 140, recomiendan decisiones multidisciplinarias.

Pierre Saint Amand, en pág. 24 de su estudio recomienda la adopción de un Sistema contra Fallas (este sistema fue empleado por diseñadores Japoneses en la construcción de la embajada del Japón en Nicaragua así como en los Tanques de almacenamiento de agua en el proyecto de Aguas subterráneas para Managua).

Faccioli, Santoyo y León en pág.20 de su estudio recomiendan mucho interés en el diseño de las fundaciones.

La consultora Woodward-Clyde, recomienda en el capítulo relacionado a la Geología, construir solamente estructuras bajas, igual que lo propuesto por Wallace.

Aunque la mayoría de los autores solo recomiendan, no obstante algunos como, Saint Amand, Wallace, Faccioli y Woodward-Clyde dieron algunas soluciones, las cuales no fueron tomadas en consideración en toda su magnitud y trascendencia.

El aspecto anterior fue el movیل principal de Ineter de llevar a cabo la acción denominada "**MANAGUA, CIUDAD MAS VULNERABLE**".

BUSCANDO DIFERENCIAS

Obviamente un punto importante, es la búsqueda de diferencias, en este caso sobre áreas falladas y las no falladas. Al respecto informes de origen distinto expresan diferentes opiniones, por ejemplo en la pág.32, tomo I, Informe de los Mexicanos dice textualmente lo siguiente: Hay que decir que la destrucción a lo largo de sus trazas fue intensa, más no extraordinariamente superior a la observada fuera de ellas. A menudo se dió el caso que una grieta que cruzó una casa mal cimentada y la derrumbo; sin embargo cuando se trataba de una casa bien cimentada, la grieta se paraba o hasta rodeaba la casa.

En cambio Plafker y Brown, dicen textualmente en su informe: pág. 117, torceduras a lo largo de las zonas de Fallas y desplazamientos de estas, causaron daño directamente a muchas construcciones. Otro estudio importante acerca de encontrar diferencias, es el de, Chávez, Hansen y Quezada, en su análisis Isosistas de Managua, aunque para definir las Isosistas o curvas de igual intensidad, se requiere la valoración de daños, prácticamente no exponen patrones identificables para definir una clara diferencia y de los pocos casos que si lo definen ver pág.6, que dice textualmente por razones de estabilidad, los movimientos sísmicos, son mas destructores en Tiscapa; si a esto se “agrega” que por esta región cruza la falla Geológica Tiscapa, es lógico esperar un incremento local de los daños. Pensamos que esto puede tomarse como un denominador común. En su mapa final **“MAPA DE ISOSISTAS de Managua”**, encontramos más claramente él porque habiendo inspeccionado cientos de fallas estructurales, no remarco en el origen de estas fallas, si fueron por mala estructuración, falla de suelo, falla por materiales o por movimiento de la falla.

Asumimos que fue difícil para el grupo de trabajo llegar a dichos niveles de análisis, o por otro lado, haber observado tanto daño en áreas donde no existen fallas y donde realmente existen como dijimos anteriormente, el mapa final, habla por sí solo. Faccioli, Santoyo y León concluyeron diciendo, hubo daño concentrado “encima” de algunas porciones de las Fallas Mayores.

XIII. CONCLUSIONES GENERALES

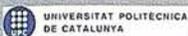
1. En Managua se producen en general sismos catalogados de medios a nivel mundial, pero generan aceleraciones considerables en superficie ($\pm 0.50 - 0.60$ g) como promedio.
2. Los suelos de Managua son catalogados de suelos medios con un promedio de golpes – pie en la prueba de penetración estándar comprendidos entre 25 a 35 golpes y en sus primeros diez pies de profundidad.

3. La clasificación SUCS para los suelos Areno-Limosos con finos de muy baja comprecibilidad.
4. La frecuencia natural promedio de vibración de las principales columnas estratigráficas oscila entre los 3 y 5 hertz.
5. Las Areas de Fallas en donde la erosión ha jugado un papel predominante se han formado pequeñas cuencas por las cuales las aguas pluviales bajan hacia el lago de Managua y por acción aluvial se han rellenado de materiales que forman estratos poco compactos.
6. Los sitios de Managua en donde las deposiciones volcánicas y acción fluvial han tapado vestigios de Fallas o Fracturas desarrollan una respuesta dinámica amortiguante de ondas sísmicas de alta frecuencias; cambiando las frecuencias de máximas Amplificaciones en beneficios de estructuras rígidas.
7. El efecto atenuante de la velocidad de cortante en basamento fracturado en más del 50%, en comparación con basamento no fracturado, mejora la respuesta estructural para edificaciones menores “un piso” y potencialmente puede empeorar la respuesta de edificaciones altas con frecuencia natural menor o igual a 1.5 hertz en vista que el movimiento del suelo es debido principalmente a ondas de frecuencias medias a bajas.
8. La aceleración máxima en superficie para sitios con basamento fracturado se reduce en promedio un 10 a 30 por ciento en comparación a sitios sobre basamento sano.
9. Debido a la posición del Basamento con respecto a la superficie o estrato genérico de desplante estructural, la gran mayoría de edificaciones en Managua tendrán periodos de vibración altos, los cuales serán fuertemente exitados por Terremotos Medianos y/o pequeños “4 – 6 hertz”, dado que los suelos en general tiene poca vocación de filtrar y/o atenuar ondas de alta frecuencias, “4 – 6 hertz”.
10. El efecto dañino por cortante, generados por desplazamientos Laterales del suelo, pueden ser minimizados con un

adecuado diseño por cortante en las fundaciones y el efecto de lo componente normal de la falla y el efecto de volcamiento, construyendo edificaciones bajas y cuadradas.

11. El uso de fundaciones tipo losas de concreto reforzado pueden utilizarse para minimizar el cortante directo infundido por los estratos de suelo, así mismo que mejorará las condiciones de empotre por cuanto redundará en economías de miembros portantes estructurales. Dicho sistema usado con materiales livianos reducirá grandemente el peligro de muerte o daño a la vida por desprendimientos de los materiales aglutinantes en techos y/o paredes.
12. El uso de terraplanes fueren de piedra triturada o suelo recompactado, mejorará el aislamiento de la estructura del suelo, reduciendo el efecto del cortante inducido por movimientos del suelo.
13. El uso de pequeños aisladores de Base fueren de carbono o plásticos especiales, mejorará grandemente la respuesta estructural integral de la Estructura.
14. Las áreas de fallas con pendientes fuertes encajonantes inducen a las estructuras otro peligro denominado deslizamientos de Tierra, por cuanto la construcción sobre sus faldas deben ser en terrazas mejorados y con drenaje adecuado.
15. Para efecto de análisis dinámicos preliminares y en ausencia de información pertinente y sin tratar de evadir los estudios necesarios, pueden usarse las formulaciones aquí definidas así como los resultados dinámicos particulares.
16. Dado que potencialmente cualquier lugar de Managua puede sufrir rajaduras del suelo con inducción de esfuerzos sobre las fundaciones de las estructuras, debe potenciarse el Estándar “A” para construcciones sobre planos de fallas o fracturas.
17. La construcción antisísmica con el uso de materiales y sistemas constructivos livianos deben propiciarse en Managua sin ninguna restricción, cuando sean menores que 200 mts² y con un suficiente índice de muros de cortante en su planta arquitectónica.

Con la colaboración de:



4^a Semana Geomática Barcelona

“Cartografía y Navegación”

VI^a Feria Expogeomática 2000

Sitges, 3/6 abril 2000

Hotel Meliá Gran Sitges

4^a Semana Geomática

Sesiones técnicas sobre Cartografía y Navegación

GPS, GLONASS, GALILEO

Cartografía navegable

Cartografía por Internet

Servicios de GPS diferencial en Europa

Teoría y aspectos algorítmicos

Calidad en la cartografía

...

Sesiones paralelas

Red Temática de Geodesia

Servicios Técnicos Gorbea

Tecnología GPS

...

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

¡ INFORMATE !

Inscripciones:

Laia Santamaria
Institut de Geomàtica

Parc de Montjuïc

E-08038 Barcelona

Tel. 34 93 567 15 00

Fax. 34 93 567 15 69

e-mail: info4sg@icc.es

<http://www.icc.es/castella/concas.html>

<http://www.coet-top.org>

Información Feria:

D. Ignacio Nadal
Hileras 4, 2º, Of. 2

E-28013 Madrid

Tel. 34 91 547 11 16

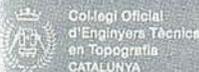
Fax. 34 91 547 74 69

e-mail: mapping@ctv.es

<http://www.ctv.es/mapping>

S e m a n a G e o m á t i c a / S e m a n a G e o m á t i c a

Organizadores:





HEWLETT-PACKARD LANZA ESTACIONES DE TRABAJO PARA EL MERCADO UNIX CAPACES DE TRABAJAR A UNA VELOCIDAD SIN PRECEDENTES

Las nuevas estaciones HP VISUALIZE C3600 y J5600 aumentan en un 38 por ciento su rendimiento y se consolidan como las más potentes del mundo

La compañía **Hewlett-Packard** ha lanzado sus nuevas estaciones de trabajo **VISUALIZE B2000, C3600 y J5600**, capaces de funcionar a una velocidad sin precedentes al contar con la mayor capacidad de memoria de todo el mercado UNIX. Las nuevas estaciones de trabajo de **HP** satisfacen así las necesidades de ingenieros, diseñadores y científicos que trabajan sobre sofisticados prototipos virtuales y se manejan en entornos críticos donde el tiempo resulta un factor decisivo.

Esta nueva gama de estaciones viene a su vez provista de subsistemas gráficos **HP VISUALIZE fx** que ofrecen una completa funcionalidad, ejecución y vídeo en tres dimensiones, cartografía de texturas y soporte completo en 3-D para Java y VRML.

La gama alta de las nuevas estaciones de trabajo de **HP** viene representada por la **VISUALIZE C3600** y la **VISUALIZE J5600**, ambas basadas en el procesador PA-8600, el más potente de los procesadores RISC que existe hasta el momento.

Tanto la **C3600** como la **J5600** ofrecen la potencia, capacidad y calidad gráfica que se necesitan para manejar las más complicadas aplicaciones de Electronic Design Automation (EDA) y Mechanical Design Automation (MDA), sectores de trabajo en los que normalmente se utiliza un sofisticado software de computación y visualización, y donde se manipulan complejos prototipos virtuales y grupos de datos.

Su capacidad de ejecución redundante directamente en beneficio de la productividad de los diseñadores, ya que éstos desempeñan su labor en áreas de negocio donde el tiempo de salida al mercado resulta crucial. Gracias a la potencia de estas estaciones de trabajo, proyectos MDA en los que se manejan simulaciones en tres dimensiones se realizarán a partir de ahora a una velocidad sin precedentes.

Desde el punto de vista técnico, estas dos nuevas estaciones de trabajo mejoran en un 38 por ciento la capacidad de ejecución de los anteriores modelos de **HP**, basados en el procesador TISC PA-8500. Asimismo, poseen hasta 8 GB de SDRAM y 1.5 MB de caché de primer nivel, gracias a la cual se consigue reducir el tiempo de recuperación de los datos y aumentar la capacidad de ejecución. Además, la inversión de los clientes queda protegida al asegurar la compatibilidad binaria con futuros procesadores PA-RISC e IA-64.

Agresiva política de precios

Por su parte, la **HP VISUALIZE B2000** viene marcada por una agresiva política de precios que permite a muchos usuarios acceder a posibilidades de diseño con prestaciones de sistema UNIX. En este sentido, el balance entre sus altos niveles de rendimiento y ejecución y su precio hace que sea una de las ofertas más atractivas del mercado.

La **VISUALIZE B2000** resulta fácil de manejar, y apoya a sistemas caracterizados por diseños sencillos. Su largo ciclo de vida hace a su vez que los proyectos a largo plazo en los que se utilice puedan ser culminados sin

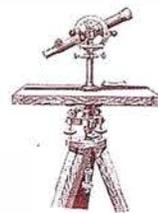
complementos de Hardware. Asimismo, acelera también el diseño CAD y el proceso de modelado en tres dimensiones para componentes y ensamblajes.

Sus características la hacen especialmente adecuada para el diseño de PCBs y ASICs de mediano tamaño, y para aplicaciones de diseño y verificación Circuitos Integrados.

Todas las estaciones de trabajo presentadas cuentan a su vez con los subsistemas gráficos más avanzados en el mundo del diseño asistido por ordenador, los **HP VISUALIZE fxe, fx4 Pro** y los **fx6 Pro**. Estos aceleradores de gráficos ofrecen completa funcionalidad para tres dimensiones, ejecución, movimiento de vídeo, soporte cartografía de texturas, así como soporte completo en 3-D para Java y VRML. Su capacidad para crear sofisticados sombreados y luces, así como para crear texturas de manera inmediata, permite a los usuarios visualizar proyectos de gran calidad en tiempo real.

Hewlett-Packard Company, proveedor líder en tecnología y soluciones de computación, imagen y servicios, tanto para la empresa, como para el usuario doméstico, está orientado a la capitalización de las oportunidades de Internet y al uso de los servicios electrónicos.

HP tiene previsto comenzar las operaciones de **Agilent Technologies** como compañía independiente hacia la mitad del año de calendario 2000. **Agilent** representa la división de **HP** de Test y Medida, semiconductores, análisis químicos y electromedicina, y cuenta en la actualidad con posiciones de liderazgo en un gran número de segmentos de mercado.



Noticias

La Xunta de Galicia selecciona Imagineer Technical de Intergraph como software educativo

El producto Imagineer Technical de INTERGRAPH fue seleccionado mediante concurso público por la **Consejería de Educación e Ordenación Universitaria de la Xunta de Galicia** como el software de CAD que se utilizara dentro del sistema universitario de Galicia.

El monto total de la adjudicación comprende un total de 1182 licencias del Kit Educativo de Imagineer Technical.

Galardonado con multitud de premios, Imagineer Technical, ha sido definido como «el software de diseño CAD más intuitivo y con un tiempo de aprendizaje más corto, por su facilidad de manejo y su versatilidad».

Imagineer Technical es un producto ideal para su utilización en la enseñanza del dibujo técnico como software CAD de apoyo. Esto es debido a su enorme facilidad de uso, lo que hace posible la optimización de las horas lectivas prácticas que se imparten al alumnado. En la medida en que el manejo se simplifica, el producto de dibujo se convierte en un medio adecuado para la transmisión de las ideas. Frente a esta opción existe la posibilidad de utilizar herramientas CAD tradicionales, las cuales obligan al empleo de las horas de clase práctica en el aprendizaje de esos CAD complejos - ¡convierten los Centros de Enseñanza en Academias de Informática!

" LA TIENDA VERDE "

C/ MAUDES Nº 38 - TLF. (91) 534 32 57
C/ MAUDES Nº 23 - TLF. (91) 535 38 10
Fax. (91) 533 64 54 - 28003 MADRID

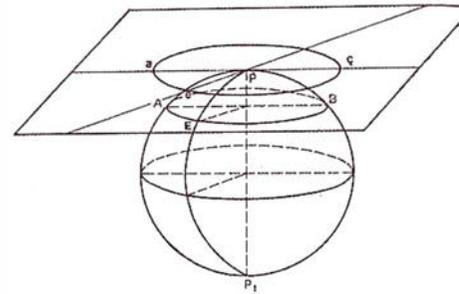
"LIBRERIA ESPECIALIZADA EN
CARTOGRAFIA, VIAJES Y NATURALEZA"

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

"VENTA DIRECTA Y POR CORRESPONDENCIA"

"SOLICITE CATALOGO"

Los Sistemas de Información Geográfica, una fuente de trabajo en Cibernos Consulting, SAU



La rápida evolución de los sistemas hardware, con sus progresivas disminuciones de precio y la cada vez mayor estandarización, ha permitido que el usuario tenga acceso a potentes herramientas que facilitan el desarrollo del trabajo. Éste es el caso de los denominados Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) integrados por componentes hardware y software, así como por datos geográficos, e información descriptiva de los elementos gráficos para consulta, mantenimiento, análisis y edición de información referenciada geográficamente.

La fuerte demanda de nuevos profesionales para trabajar en estos campos, producida durante los últimos años, ha sido detectada especialmente por Cibernos Consulting, encuadrada dentro de Cibernos Grupo de Empresas, que imparte el M.S.I.G., Master en Sistemas de Información Geográfica. Esta alternativa de formación empresarial cuenta en estos momentos con grandes salidas profesionales y va dirigida a titulados en Geografía, Geológicas, Agrónomos, Agrícolas, Topógrafos, Biólogos, Informáticos, Telecomunicaciones ... etc

El Área GIS de la empresa Cibernos Consulting,SAU, cuyo director es Luis Ramos Henningsen, en la actualidad cuenta con más de 250 empleados distribuidos por toda la geografía nacional, con unos perfiles que van desde delineantes hasta consultores, superando los 700 millones de ptas./año en servicios G.I.S. Esto les hace ser punto de referencia obligado en la aportación de recursos humanos en los distintos proyectos GIS, tanto para

empresas privadas como para la Administración Pública.

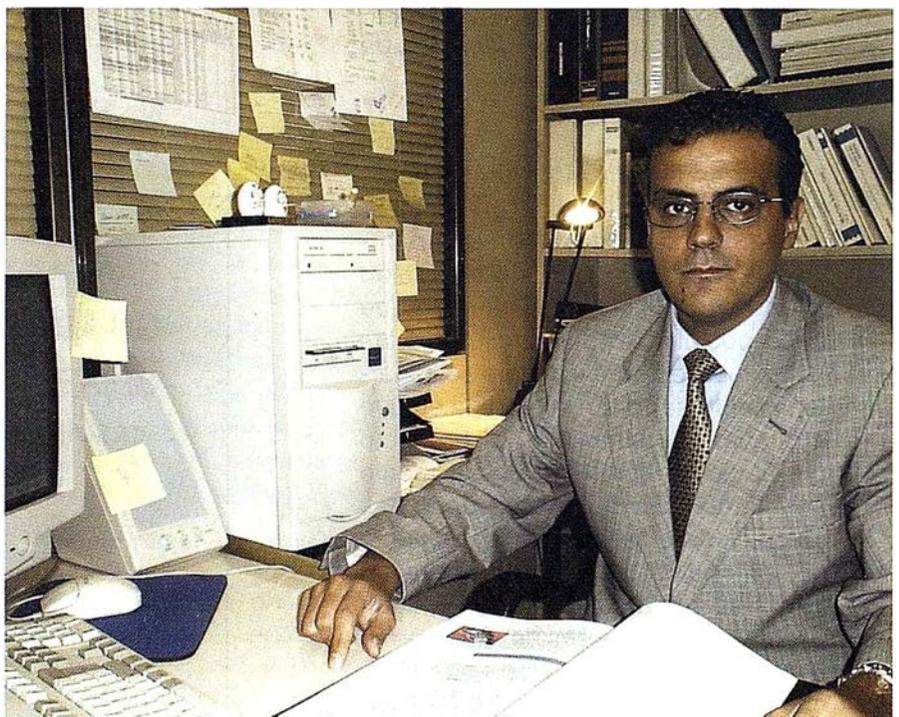
Según Luis Ramos, director del área SIG de Cibernos Consulting, con el Master en S.I.G. se persigue dotar a las empresas y administraciones públicas de unos profesionales que solucionen sus problemas, que saquen una productividad a sus sistemas de alta tecnología.

El plan de estudios del M.S.I.G., caracterizado por el equilibrio de sus asignaturas (sistemas CAD, SIG, programación, BD, seminarios SIG...) y su búsqueda en adecuarse a las necesidades del mercado, permite al estudiante aprender unas herramientas aptas para la inserción en el mundo laboral. "La gran mayoría de nuestros alumnos se encuentra trabajando en el mundo de las tecnologías de la información" comenta Luis Ramos.

Para facilitar esta inserción laboral, Cibernos Consulting, tiene a disposición de sus alumnos una bolsa de trabajo que está en contacto con importantes empresas como Siemens, Unión Fenosa Redes de Telecomunicaciones (UFINET), SAINCO, Gas Castilla – La Mancha, C&A Modas, CH2MHILL, GENASYS, CIMSA, SEGIPSA, FCC, IMES PACSA, SISYGSA, LICUAS, o Unión Eléctrica Fenosa, entre otras.

A su vez, los titulados en el Master también son demandados por diversos Ayuntamientos, Comunidades Autónomas, Departamentos GIS Universitarios y Ministerios.

Una de las características más representativas de este Master SIG es la de tener una limitación de plazas (20 alumnos) en cada uno de sus dos turnos, mañana y tarde, buscando



con ello la calidad frente a la cantidad. "El Master se estructura en cuatro grandes bloques de conocimiento: El bloque centrado en aquellos conceptos relacionados directamente con los S.I.G., es decir, ¿Qué es un SIG y como se modula?, Características de los SIG, las Bases de Datos y el Lenguaje SQL, Análisis de un Sistema SIG, la Normalización de una Base de Datos, y la programación (orientada a eventos). Un segundo bloque que se centra en los SIG (Smallworld Gis, GeoMedia Pro...) y sistemas CAD (Microstation SE...), un tercer bloque constituido por Seminarios, visitas a empresas SIG y Jornadas en las Universidades para que el alumno tenga una visión global del mercado y el mundo GIS, y finalmente, un cuarto bloque que integra o un proyecto GIS o prácticas en empresa. El Master contempla para ello un total de casi 1.000 horas de formación divididas en horas lectivas, prácticas, tutorías y de seminarios desde Octubre hasta finales de Julio. La fuerte demanda de alumnos y las necesidades transmitidas por muchos de ellos de poder hacerlo a distancia, junto con la experiencia acumulada durante años nos impulsó a lanzar al mercado el Master Sig a distancia en Marzo de 1.999. Los resultados no han podido ser mas satisfactorios y positivos. Este Master mantiene las mismas líneas de trabajo que el presencial aunque tiene ciertas diferencias, la documentación está orientada al estudio a distancia, incluyendo CD-ROM de multimedia de las asignaturas SIG y CAD que hacen las veces de profesor, la tutorías tanto presenciales como a través del correo electrónico son muy frecuentes. El software se entrega en propiedad para que el alumno una vez terminado el Master, que tiene una duración de un año prorrogable, pueda seguir investigando y profundizando en sus conocimientos. Pero, no nos quedamos ahí, en nuestro afán de superación y de acercar esta formación postgrado allá donde es demandada tenemos la intención de ofertar el



próximo MASTER SIG presencial V tanto en Madrid como en Sevilla" nos comenta Luis Ramos.

La visita a sus instalaciones nos refleja el porque del alto grado de satisfacción del alumnado, el cual dispone a lo largo del año de medidas para el control de la calidad de la formación, tanto en la documentación, software, equipos... Los pentium III, con monitores de 17", el amplio espacio para el trabajo, la atención exclusiva del profesorado, la disponibilidad de acceder a Internet y sobre todo la existencia de una bolsa de trabajo activa (durante el curso los alumnos van entrando a la plantilla de Cibernos) hacen que exista un ambiente adecuado y el grado de competitividad necesario para el máximo aprovechamiento de sus estudios.

Otra gran característica diferenciadora de este Master SIG a otros cursos es no solo su amplitud en los conocimientos sino el abanico de casas comerciales GIS que colaboran con el mismo (SMALLWORLD, INTERGRAPH, SIEMENS, AUTODESK, BENTLEY, GENASYS). "Es que nues-

tra intención es la de incluir a todas y en ello estamos trabajando. Al igual que incluir Departamentos GIS de las Universidades de España." comenta Luis Ramos.

Su oferta formativa se encuentra complementada no solamente con el Master SIG en la modalidad de distancia y presencial, sino por sus cursos a empresa y monográficos. La amplia gama de cursos y a diversos niveles (GeoMedia Pro, Microstation, Autocad, Autocad Map, GenaMap, Smallworld Gis, Sicad, ...) junto con la posibilidad de tener una formación a medida de las necesidades del demandante hacen de esta oferta un complemento perfecto para aquella Institución/ empresa que requiera de una necesidad formativa GIS profesional y a medida.

El crecimiento, la mejora, la profesionalidad y el cada vez mayor prestigio tanto en la formación como en la calidad del servicio GIS del Área de Sistemas de Información Geográfica de CIBERNOS CONSULTING, SAU hacen que este mercado tenga un referente válido a nivel Nacional.



ESRI-España implementa el Sistema de Información Geográfica Corporativo en la sección de rentas del Ayuntamiento de Lleida (la Paeria)

ESRI-España, líder del mercado GIS, ha llevado a cabo la implantación de AZIMUT II en la sección de rentas en el Ayuntamiento de Lleida.

AZIMUT II es un Sistema Corporativo de Información Geográfica concebido como un modelo de datos y un núcleo de gestión que es capaz de dar servicio a las distintas áreas de la actividad municipal en torno a la información distribuida geográficamente. Proporciona herramientas para la gestión, actualización y explotación de la cartografía informatizada y de la información alfanumérica asociada a la misma, todo ello bajo un sistema de información geográfica, constituido por Spatial DataBase Engine, ArcView y ArcInfo.

Según Albert Barrufet, administrador del Sistema de Información Geográfica, "este esquema de trabajo es necesario ya que el crecimiento de la ciudad no permite una base parcelaria estática, es importante disponer de los datos actualizados, de forma que todos los departamentos implicados con la cartografía (Urbanismo, medio ambiente, ingeniería, etc.) puedan acceder a ellos y recibir la mejor información posible. Con nuestras nuevas herramientas es posible. Accediendo desde visualizadores de cartografía, situados en cualquier departamento del ayuntamiento y sin tener en cuenta el tipo de ordenador que se utiliza y conectados al servidor de datos SDE disponen de información cartográfica actualizada cada día".

"Este hecho ha generado economías de escala en el uso de la información cartográfica. En un principio, el uso del SIG se limitaba al mantenimiento de la cartografía catastral. El incremento de la "demanda" en información geográfica por parte de departamentos del ayuntamiento ha obligado a que replanteemos la estructura del sistema, de manera que se pueda distribuir la información del SIG por la intranet de la corporación con Map-Objects IMS", añade Albert Barrufet. "De un Sistema de Información Geográfica para uso interno del departamento de Economía, se ha pasado a gestionar la cartografía general de la ciudad, lo cual ha obligado a generar nueva cartografía de base y a replantearnos la gestión y trabajo en el mantenimiento de la cartografía de la ciudad".

MAPINFO lanza MAPINFO Professional Geometry Manager para mejorar la exactitud de los datos cartográficos

MapInfo, la empresa de soluciones geográficas de software de escritorio e Internet, ha presentado MapInfo Professional Geometry Manager 1.0, para detectar y corregir errores de mapas tanto digitales como dibujados a mano.

MapInfo Professional Geometry Manager ha sido diseñado como una solución rentable, y añadido a MapInfo Professional, proporciona herramientas de corrección de datos espaciales y generación de polígonos para asegurar unos datos más exactos, estructurados e inteligentes.

Los datos cartográficos importados suelen contener pequeños errores di-

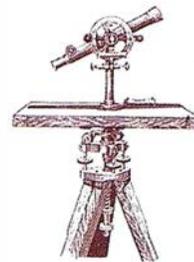
fíciles de identificar, permitiendo que se corrijan solos. Esto puede provocar que formas sólidas se representen como abiertas, o líneas saliendo o entrando en polígonos, lo que da como resultado unos análisis e informes cartográficos inexactos.

MapInfo Professional Geometry Manager "limpia" los datos, ofreciendo la posibilidad de unir nodos, insertar nuevos nodos en intersecciones entre objetos y eliminar pequeños errores de precisión al colocar los nodos cuando se dibuja a mano, digitalizando o al diseñar CAD. Las tolerancias pueden ser definidas por el usuario, asegurando que los arreglos automáticos son exactos. Las correcciones pueden ser también procesadas por lotes, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero. Estas características innovadoras permiten calcular áreas correctamente, realizar consultas geográficas y crear mapas temáticos sin errores.

Con las herramientas de creación de polígonos y un interfaz de usuario amigable, MapInfo Professional Geometry Manager mejora la funcionalidad GIS para aplicaciones gubernamentales, distribución del terreno, telecomunicaciones o para cualquiera que cree, importe y utilice datos geográficos.

Richard Rollins, Director de Productos MapInfo para Europa, dijo: "MapInfo Geometry Manager ha sido ideal para ofrecer a los profesionales del GIS la oportunidad de responder a los requerimientos de sus colegas de forma rápida y eficiente. Anteriormente, ajustar los datos cartográficos inexactos era una labor dura y que requería mucho tiempo. Usando MapInfo Geometry Manager se ahorra tiempo, dinero y asegura que las organizaciones puedan tener datos espaciales más precisos de forma rápida".

EL Z-12 DE ASHTECH COMO ESTACIÓN DE REFERENCIA EN EGNOS



El programa Egnos emplea con éxito señales telemétricas de un satélite Inmarsat

El hecho de que el receptor Z-12 de Ashtech ofrezca un procesado de las señales GPS L1 y L2 empleando el procedimiento denominado *Seguimiento-Z* (con ayuda del código "Y") le sitúa en un grupo distinto a todos los demás receptores bifrecuencia. Efectivamente el Z-12, al utilizar una parte del código Y para procesar los datos de la L2, hace que sea clasificado en el grupo denominados "parcialmente sin código (semi codeless)" en oposición a los restantes receptores de doble frecuencia, que son clasificados como "sin código (codeless)".

Los primeros vuelos de prueba integrados en el programa EGNOS han demostrado de nuevo la habilidad del sistema como ayuda en las aproximaciones de precisión de categoría I para Aviación Civil. El programa EGNOS (Servicio Europeo de Navegación) emplea señales telemétricas de un satélite geoestacionario Inmarsat y transmite también correcciones diferenciales GPS y mensajes de integridad.

El programa EGNOS Europeo y el MSAS Japonés son los dos programas actualmente en desarrollo relacionados con las correcciones diferenciales GPS. EGNOS, sin embargo, representa algo más que una mejora del servicio GPS. Parece ser casi cierto que se transformará en la primera fase del

Sistema Europeo de Navegación Global por Satélites (GNSS) denominado Galileo.

EGNOS está compuesto por una red de estaciones de referencia terrestres monitorizando las señales de los satélites GPS, validando el estado de salud de la señal y transmitiendo las correcciones diferenciales para mejorar la precisión en el posicionamiento en tiempo real para los sistemas aéreos de navegación. En pruebas anteriores, en Islandia e Inglaterra, la precisión que se consiguió osciló entre 2 y 3 metros en el plano horizontal y 6 metros en el vertical.

Las pruebas a que nos referimos realizadas en el aeropuerto de Orly, París utilizaba estaciones de monitorización situadas en Cádiz, España; Ankara (Turkia); Noruega y Rotterdam en Holanda. Estas estaciones envían datos DGPS al satélite geoestacionario Inmarsat AOR-E, que los retransmite junto con señales telemétricas similares a las producidas por los satélites GPS. Estas señales son las que se emplearon a bordo del avión de la Agencia Británica de Investiga-

ción para la Defensa que procesaba los datos en una unidad WAAS.

Esta información pasaba al Sistema de Dirección de Vuelo (FMS) del avión mostrándose en la cabina, tanto al piloto como al copiloto, en un formato similar a la senda de planeo de un sistema ILS. En el futuro, los sistemas de dirección de vuelo (FMS) incluirán la señal EGNOS WAAS para aumentar la información disponible en los instrumentos auxiliares de ayuda al aterrizaje.

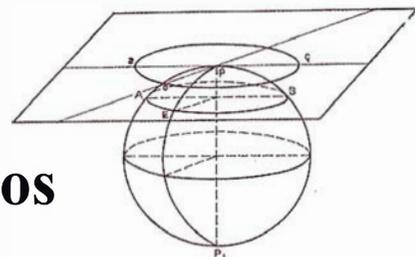
Una importantísima parte de la prueba se basaba en un receptor Ashtech Z-12, empleando como estación de referencia y situado de modo que pudiera seguir y registrar las señales GPS procedentes del satélite Inmarsat AOR-E conocidas como PRN-120. El receptor Ashtech Z-12 fue elegido por ofrecer un excelente procesado de las señales GPS y un elevado coeficiente señal-ruido.

BIBLIOGRAFIA

GPS World, Junio, Julio, Agosto, Septiembre 1999.



La Creación de un Modelo de la Ciudad de Sydney ayudará en los preparativos de los juegos Olímpicos del 2000



Uno de los modelos de la ciudad de Sydney más detallado y preciso del mundo, se dio por concluido recientemente cuando 20.000 edificios, propiedades y 100 kilómetros de carreteras y servicios públicos dentro del área municipal del norte de Sydney fueron representados en mapas y modelados con una precisión milimétrica. El mundo fue creado por PSN Surveying de Sydney para ayudar al Ayuntamiento del Norte de Sydney en la preparación para los juegos olímpicos del año 2000. La empresa seleccionó MicroStation, GEOPAK y MicroStation Geographics de Bentley Systems, para la realización de este proyecto. El ayuntamiento precisó la utilización de una gran base de datos detallada y precisa y un modelo en 3D que definiese la topografía, los edificios y servicios públicos de la ciudad. Esto tenía que ser transferible al GIS y a los sistemas de modelado del Ayuntamiento, con una verificación completa de todos los componentes GIS.

Utilizando una combinación de técnicas precisas de medición de terreno, aérea y fotogrametría, la compañía PSN midió más de 1,2 millones de puntos topográficos, para generar así la base para el modelo urbano. Esto proporciona a los concejales y empleados del ayuntamiento un modelo en 3D y una planificación fotográfica detallada de cada estructura física de la zona, desde los

edificios y las calles hasta las grietas de 5 mm. En las aceras y aparcamientos.

Los empleados del ayuntamiento pueden gestionar, visualizar, realizar perfiles o visualizar todas las calles, señales, aparcamientos, alcantarillados, arboles, instalaciones y otros elementos importantes en cuestión de minutos y sin moverse de su lugar de trabajo. Cada boca de alcantarillado, llave de gas, línea de telecomunicaciones o boca de riego en un área de veinte kilómetros cuadrados está localizada con precisión y la información está conectada en su GIS y sistemas de visualización de terreno soportados por fotografías de alta resolución.

El modelo de la ciudad de Sydney es tan detallado y preciso que se puede modelar la estructura física de la ciudad en tres dimensiones, incluyendo pasos de peatones, marcas viales y hasta grietas en la acera. Los efectos provocados por cambios en elementos como túneles subterráneos o marquesinas y postes de señalización, se pueden analizar inmediatamente y con precisión para la realización de estudios medioambientales, sombras, aspectos estéticos o consideraciones de ingeniería.

Desde el inicio hasta el fin del proyecto, se ha dependido casi exclusivamente de pro-

ductos **MicroStation**, la única excepción ha sido el establecimiento de los parámetros fotogramétricos iniciales.

“La facilidad de operar y el uso amigable de MicroStation, ha sido una gran ventaja, ya que ninguno de nuestros empleados había utilizado MicroStation con anterioridad”, afirmó Peter Noble, Director de Proyecto de PSN Surveying. Y continúa diciendo: “Además logramos la velocidad operacional que necesitábamos con el mínimo problema. MicroStation construyó las bases para todos los procesos analíticos y de extracción de datos para la medición y creación de los modelos. Por su parte, **GEOPAK** se convirtió en la solución perfecta para realizar los modelos digitales complejos partiendo de la ingente cantidad de datos, proporcionando la rapidez de resultados necesarios para crear una base topográfica segura para el establecimiento de parámetros ortofotográficos”.

El Modelo de la ciudad de Sydney de PSN Survey fue el ganador en el Proactive Success Award 1999, en la categoría de Mejor Implementación de Tecnología en Gestión de Infraestructura, concedido en la conferencia Internacional de Usuarios de Bentley que se celebró el 30 de Septiembre de 1999.

BOLETIN DE SUSCRIPCIÓN

MAPPING

Deseo suscribirme a la revista MAPPING por 12 números, al precio de 11 números.

Precio para España: 9.900 pas. Precio para Europa y América: US\$ 120.

Forma de pago: Talón nominativo o transferencia a nombre de CARTOSIG EDITORIAL, S.L.

CAJA MADRID: Av. Ciudad de Barcelona, 136 - Ag. 1813 - c.c. 3000-686050

Enviar a: CARTOSIG EDITORIAL, S.L. - P^a Sta. M^a de la Cabeza, 42 - Of. 3 - 28045 MADRID.

NombreNIF ó CIF.....

Empresa.....Cargo.....

Dirección Teléfono

Ciudad C.P.Provincia

MASTER SIG A DISTANCIA



INTERGRAPH

GENASYS

SMALLWORLD



SIEMENS



ORACLE



BENTLEY

MASTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

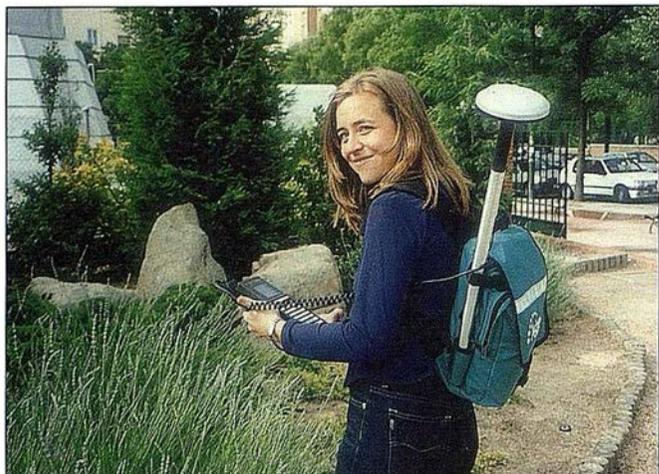
- > Software: MicroStation SE, Genamap 8.0, SmallWorld 3.0, Visual Basic 6.0, Geomedia Pro 3.0, Oracle 8.0.
- > Colaboran: Intergraph, Genasys, SmallWorld, Autodesk, Oracle, Siemens, Facultad de Geológicas y Licenciatura de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid, Fundación Premio Arce y AESIG.
- > Entrega de CD-ROM multimedia de las materias SIG/CAD.
- > Quedan en propiedad de los alumnos los software: Genamap 8.0, Geomedia Pro 3.0, Visual Basic 6.0, Oracle 8.0 y MicroStation SE.
- > Tutorías personalizadas (E-Mail y presenciales).
- > Duración del Máster: 12 meses a partir de la matriculación (Prorrogables).

**INFORMACIÓN: Preguntar por D. Ignacio Munitiz
C/ Vizconde de Matamala, 7 28028 - Madrid
Tlfs.: 91 726 72 03 / 91 724 19 40 Fax: 91 356 39 10
mastersig@cibernos.com**

www.cibernos.com/gis



Sistemas de posicionamiento en tiempo real



Una solución para los ingenieros del siglo XXI

Cuando la corrección diferencial por satélite, demostró, ser la tecnología más avanzada y fiable para la adquisición de datos de campo en tiempo real, los ingenieros de Terrasystem se reunieron para diseñar la mejor "herramienta" disponible.

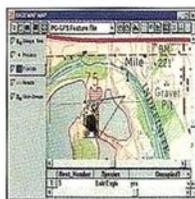
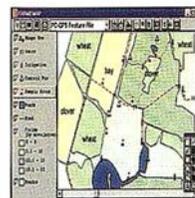
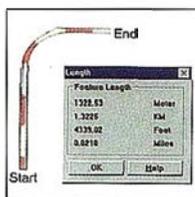
El objetivo era claro: ofrecer al mercado de la topografía expedita una herramienta con la que poder definir en tiempo real puntos, líneas, áreas y perímetros, con capacidad para realizar cálculos directamente en campo.

Una herramienta que aprovechándose de su propia condición de ofrecer coordenadas de precisión en tiempo real, estuviera preparada para la realización de inventarios de campo, con incorporación de todos los métodos paralelos auxiliares disponibles (captura de fotografías georreferenciadas, captura de puntos inaccesibles, actualización de bases de datos...)

A este proyecto se le añadió la capacidad para importar y exportar datos de la manera bidireccional, desde y a cualquier SIG. La respuesta no se hizo esperar. El receptor GPS Mapper representa la solución más fiable, económica e inteligente para la actualización de datos de campo con las siguientes ventajas:

- ✓ Versatilidad
- ✓ Facilidad para el manejo en mediciones, actualizaciones y navegación de precisión.
- ✓ Visualización del dato en tiempo real.
- ✓ Importación / exportación de ficheros cartográficos y SIG, para verificación.
- ✓ Costo razonable

Si desea más información sobre la mejor herramienta del siglo XXI, llámenos le ofreceremos una demostración sin compromiso. Grafinta S.A Avda. Filipinas, 46 Madrid 28003 Tel. 91 5537207 Fax 915336282 web site <http://www.grafinta.com> E-mail grafinta@grafinta.com



Inventarios

Captura de imágenes georreferenciadas, incorporación de atributos, volcado a cartografía.

Líneas

Generación automática de líneas con posibilidad de medición "in situ". Especialmente adecuado para caminos, sendas, deslindes.

Áreas

Generación de áreas, superficies y perímetros con posibilidad de medición "in situ. Cálculo, división... etc

Puntos Excéntricos

Para aquellos puntos inaccesibles, contamos con la generación automática de distancias a partir de otros sensores.

Actualización de bases de datos

Gracias a su capacidad de importar/exportar ficheros de distintos formatos, el sistema permite actualizar en campo, y de manera gráfica bases de datos georreferenciados.

Navegación precisión

Gracias a la obtención de posiciones submétricas en tiempo real, el usuario puede navegar a un punto desconocido.