



TELEDETECCIÓN

SISTEMAS DE

MEDIO AMBIENTE

CARTOGRAFÍA

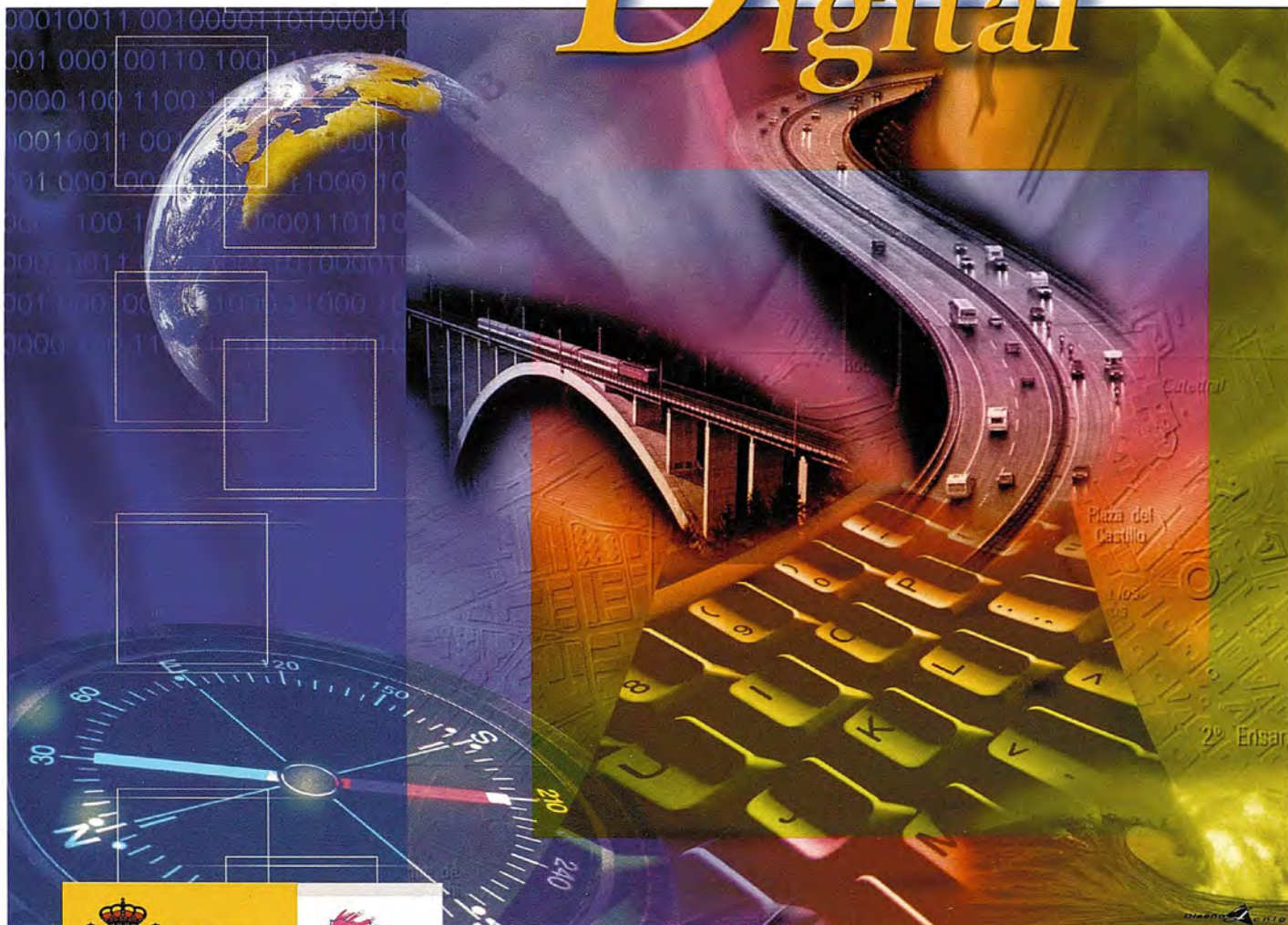
I  
N  
F  
O  
R  
M  
A  
C  
I  
Ó  
N  
  
G  
E  
O  
G  
R  
Á  
F  
I  
C  
A



Nº 80 SEPTIEMBRE 2002 PRECIO 6 EUROS

CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

# Cartografía Digital



BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN 1000, 500, 200, 25),  
MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50, 25),  
MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT 1000, 200, 25),  
LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,  
MAPA INTERACTIVO DE ESPAÑA, MAPA POLÍTICO DE EUROPA,  
MAPA POLÍTICO DEL MUNDO, CALLEJEROS Y OTROS PRODUCTOS.

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

**Nuevo!!**  
**GeoMedia 5.0**

## 5 Nuevas Maneras de Alcanzar el Nirvana con GeoMedia 5.0

Si quiere evitar problemas en sus proyectos GIS, deje que **nuestro software abierto de Mapping/GIS** le brinde tranquilidad:

**ii Pida un CD de prueba Gratis durante 60 días !!**

En nuestra página [www.GeoMedia5.com](http://www.GeoMedia5.com) encontrará 50 razones que prueban que GeoMedia 5.0 puede "cambiar su vida" en términos de uso del GIS.

Aquí tiene 5 razones mas:

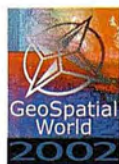
- Acceso dinámico, en vivo, a los formatos más comunes de datos CAD y GIS, sin necesidad de conversión.
- Si es usuario GIS: no encontrará otro más fácil de usar.
- Si es desarrollador de sistemas GIS, no encontrará otro más fácil de programar, y más orientado a estándares abiertos, y icon nuevos componentes de análisis!
- Con mejoras en captura de datos (digitalización) e impresión
- Con costos de implementación más bajos, comparado con otros GIS del mercado

Regístrese hoy para obtener su CD, que podrá utilizar durante 60 días.

Es fácil. Visite la web [www.GeoMedia5.com](http://www.GeoMedia5.com) y regístrese, o envíe un e-mail con su nombre y su dirección a [GIS@Intergraph.com](mailto:GIS@Intergraph.com), e inmediatamente le enviaremos su CD.

**Experimente un GIS verdaderamente estándar y abierto con GeoMedia 5 !!**

BRINGING  
IT TOGETHER.



**Regístrese Hoy!**  
**GeoSpatial World 2002**

Conferencia de la Intergraph GeoSpatial Users Community  
Junio 10 al 12, Atlanta, Georgia USA  
[www.intergraph.com/geospatialworld](http://www.intergraph.com/geospatialworld)

**¡VEALO!**  
**RESERVE SU PLAZA**  
**EN EL SEMINARIO Y REUNIÓN**  
**DE USUARIOS**  
**26 Y 27 DE SEPTIEMBRE**  
**¡LLÁMENOS!**

**INTERGRAPH**  
Mapping and GIS Solutions

[www.intergraph.com/gis](http://www.intergraph.com/gis)

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

# MAPPING

## SUMARIO

**6 ESTUDIO SOBRE LA ESTIMACIÓN DE LA ONDULACIÓN DEL GEOIDE EN ASTURIAS.**

**14 ALTERNATIVAS A LOS SERVIDORES DE MAPAS.**

**22 GENERACIÓN DE MODELOS TRIDIMENSIONALES DE CUEVAS Y TÚNELES.**

**31 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN TRIDIMENSIONAL CON LÁSER.**

**36 DESARROLLO DE UN SIG PARA LA GESTIÓN DE UNA PROMOCIÓN URBANÍSTICA POR LA ADMINISTRACIÓN LOCAL.**

**52 PARAMETROS DE TRANSFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE COORDENADAS UTM A PARTIR DE MEDICIONES GPS EN ASTURIAS.**

**62 APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A LA GESTIÓN DE RECURSOS CINEGÉTICOS. CASO PRÁCTICO DE LA FINCA ALAMEDILLA (TOLEDO).**

**75 MDT VERSIÓN 4: POTENCIA Y FACILIDAD DE USO.**

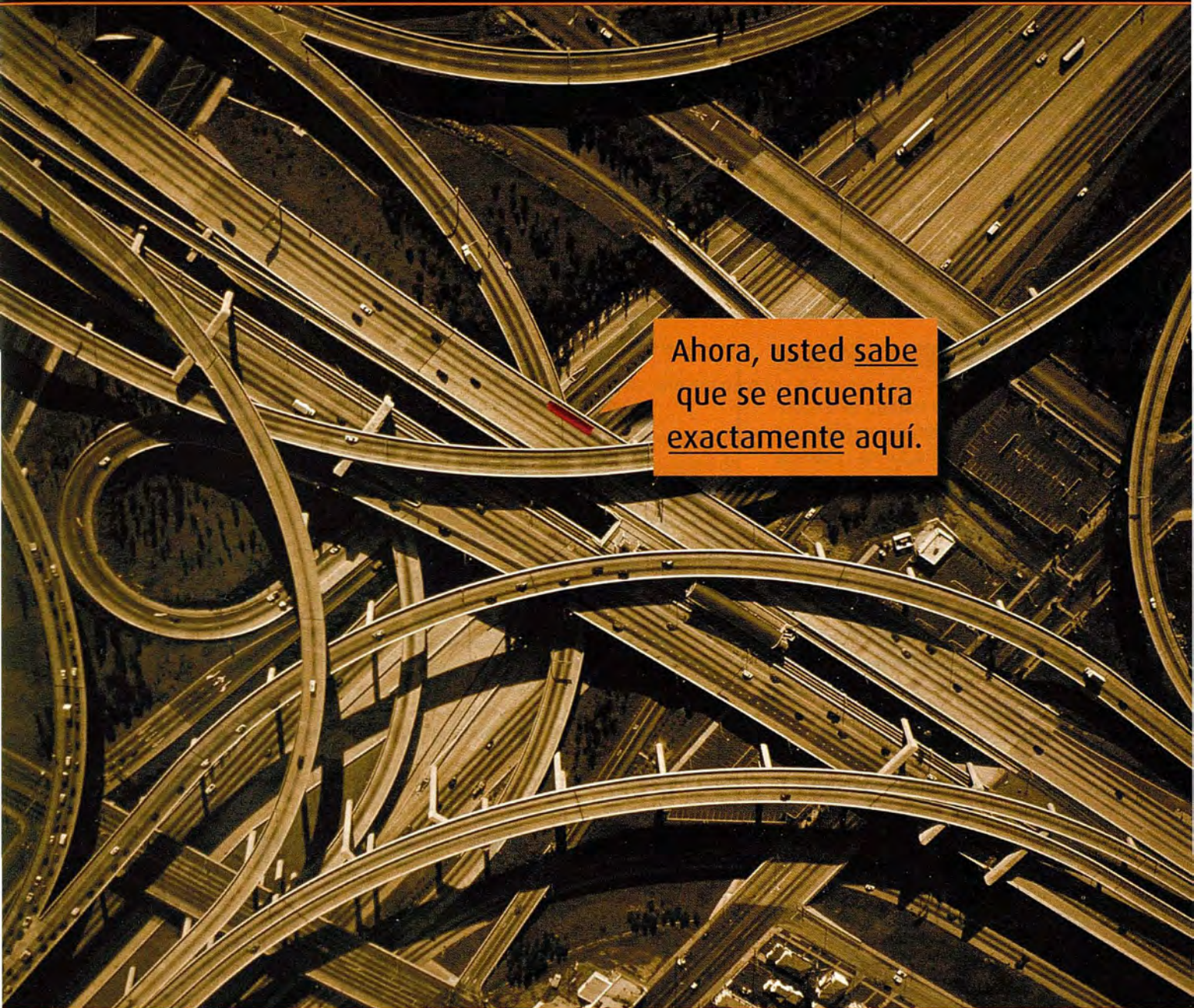
**82 IMPLEMENTACIÓN DE UN S.I.G. PARA LA CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS FUENTES CONTAMINANTES DE LA BAHÍA DE LA HABANA.**

**Foto Portada:** Fotografía aérea oblicua, de la Isla de Ibiza. Cedida por HIFSA.

**Edita:** CARSIGMA CARTOGRÁFICA, S.L. **Director de Publicaciones:** D. José Ignacio Nadal.

**Redacción, Administración y Publicación:** C/ Hileras, 4 - 2º, 28013 Madrid - Tel. 91 547 11 16  
Fax: 91 547 74 69 - [http:// www.mappinginteractivo.com](http://www.mappinginteractivo.com), E-mail: [mapping@revista-mapping.com](mailto:mapping@revista-mapping.com)

**Diseño Portada:** R & A MARKETING **Fotomecánica:** P.C. FOTOCOMPOSICIÓN **Impresión:** COMGRAFIC **ISSN:** 1.131-9.100 **Dep. Legal:** B-4.987-92.



Ahora, usted sabe  
que se encuentra  
exactamente aquí.

## Ya tenemos el 70% de la población digitalizada

GIS • GEOMARKETING • INTERNET • LBS • PDAs • TELEMÁTICA • RUTAS • CONTROL DE FLOTAS • NAVEGACIÓN

Existen muchas cartografías, pero ninguna tiene tanto sentido como la de Tele Atlas. Hemos digitalizado 1.441 municipios, que representan el 70% de la población, actualizamos los datos cada 6 meses. Y, además, le indicamos todos los sentidos y restricciones de tráfico. Tele Atlas, la mayor base de datos cartográfica navegable de España, en todos los sentidos.

1.441 municipios digitalizados • actualizaciones semestrales

cobertura en Europa y Estados Unidos

Distribuidores V.A.R. autorizados: NEXUS GEOGRAFICS, GEOGRAMA, STEREOCARTO, IVER.

Para más información: 913 789 915

# Estudio sobre la Estimación de la Ondulación del Geoide en Asturias



Sánchez Fernández, Benjamín; García Cortés, Silverio;  
Puente Rodríguez, Delfín; González Moradas, M<sup>a</sup> Rosario;  
García García, Luis Cándido.

Área de Ingeniería Cartográfica Geodésica y Fotogrametría,  
Universidad de Oviedo.

## Resumen

El objetivo de este trabajo es encontrar una formulación matemática que proporcione, de una forma práctica y sencilla, una estimación adecuada del valor de la ondulación del geoide en Asturias. Se trata pues, de la continuación de un estudio inicial en el que se intentó resolver el problema en la zona central de Asturias haciendo uso de las técnicas GPS, ampliándolo en esta ocasión a las zonas occidental y oriental de la región asturiana, con el fin de proponer el modelo matemático explícito que permita conocer una estimación de la forma del geoide en el ámbito territorial afectado en función de las coordenadas UTM de un punto cualquiera del mismo.

## 1. Introducción

El conocimiento de la ondulación del geoide en un punto permitirá la referenciación de las mediciones GPS al datum altimétrico que aquél constituye. Además, conociendo el valor de dicha ondulación en varios puntos de la red, se podrá mejorar la calidad de los parámetros que resultan necesarios para transformar las coordenadas referidas al elipsoide WGS 84 (GPS) en locales sobre el elipsoide Hayford, ya que de esta manera se elimina, o al menos disminuye, la distorsión que introduce la ondulación del geoide, cuyo efecto en general se supone desconocido y debe calcularse a partir de modelos que aportan poca precisión.

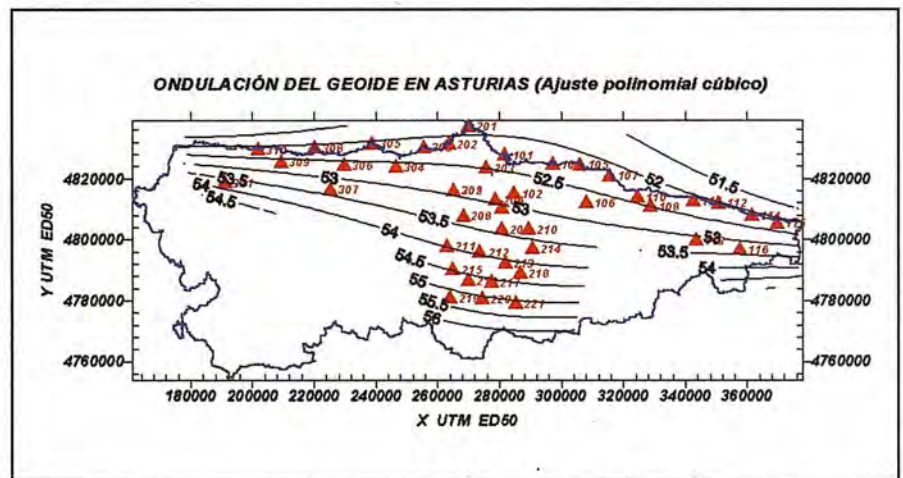


Fig. 1: Ondulación del geoide en Asturias. (Ajuste polinómico cúbico).

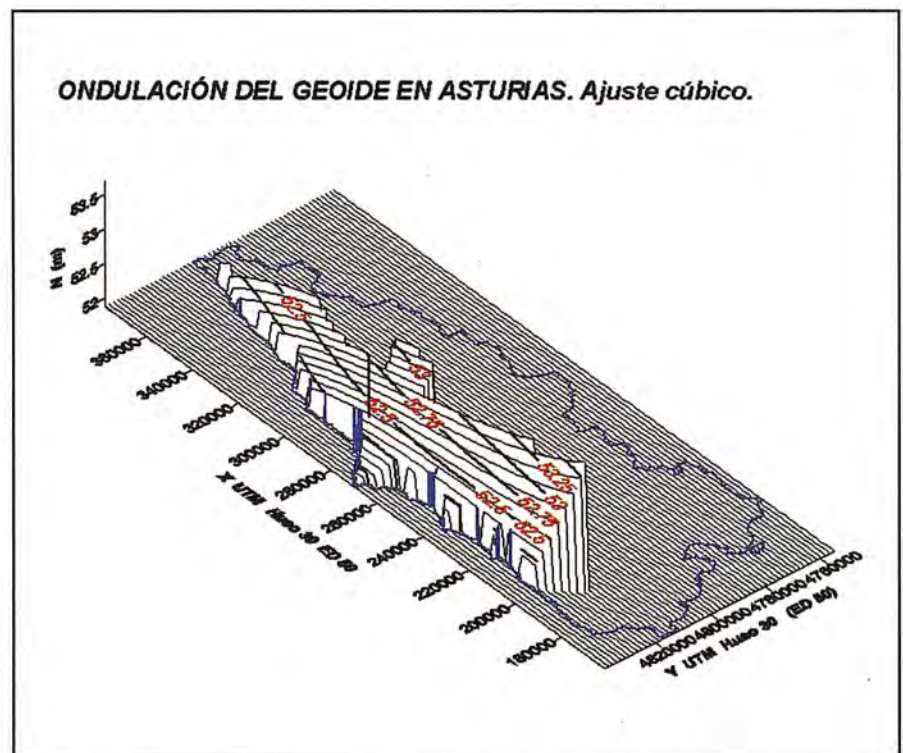


Fig. 2: Representación 3D de la ondulación del geoide en Asturias obtenida con un ajuste cúbico.

	Tipo de Ajuste	Residuo medio (Valores absolutos m)	Residuo máximo m (abs)	$\sum v_i^2$
<b>ASTURIAS</b>	<b>Plano</b>	0,2047	0,9009	3,0701
	<b>Bilineal</b>	0,1884	0,7442	2,6284
	<b>Cuadrático</b>	0,1845	0,7246	2,4558
	<b>Cúbico</b>	0,1334	0,6186	1,1880
<b>Zona Central</b>	<b>Cuadrático</b>	0,0802	0,1735	0,1804
	<b>Cúbico</b>	0,0532	0,2185	0,1158
<b>Zona Oriental</b>	<b>Cuadrático</b>	0,1391	0,4033	0,4674
	<b>Cúbico</b>	0,0635	0,1531	0,0945
<b>Zona Occidental</b>	<b>Cuadrático</b>	0,0386	0,15580	0,0434
	<b>Cúbico</b>	0,0028	0,0103	0,0002

Tabla 1: Residuos obtenidos en diferentes clases de ajustes para los 43 puntos utilizados.

## 2. Fundamento y metodología

La relación existente entre la altura elipsoidal y la ortométrica puede expresarse como:

$$h = H \cdot \cos \varepsilon + N \quad (1.1)$$

en la que:

*h*: Altura elipsoidal

*H*: Altura ortométrica

*N*: Ondulación del geoido

$\varepsilon$ : Desviación relativa de la vertical (<30")

Como el ángulo  $\varepsilon$  es de reducido valor, el coseno se acerca a la unidad, con lo que la expresión (1.1) adquiere la forma aproximada dada por:

$$h ; H + N \quad (1.2)$$

que es la que se utiliza normalmente en los cálculos.

En el presente trabajo, los valores de *N* que se emplearán en los ajustes posteriores proceden de la comparación entre las cotas ortométricas correspondientes a un conjunto de vértices geodésicos del sistema ED-50 existentes en el Principado de Asturias y las alturas elipsoidales referidas al elipsoide WGS-84, obtenidas para ellos durante una serie de campañas de medidas GPS realizadas por investigadores del área de Ingeniería Carto-gráfica, Geodésica y Fotogrametría, ad-

crita al Dpto. de Explotación y Prospección de Minas de la Universidad de Oviedo.

A partir de los valores de la ondulación del geoido en los diferentes vértices ED-50, cuyas coordenadas UTM (transformadas al huso 30) son también conocidas, se han realizado pruebas con ajustes de estos valores mediante expresiones polinómicas de diferentes órdenes.

En tal sentido, se ensayarán planos, formas bilineales, cuadráticas y polinomios de tercer grado cuyas expresiones generales en (x,y) son las indicadas mediante (1.3).

(1.3)

$N(x,y) = A_{00} + A_{01}Y + A_{10}X$ ; Orden 1º Plano

$N(x,y) = A_{00} + A_{01}Y + A_{10}X + A_{11}XY$ ; Orden 1º Expr. Bilineal

$N(x,y) = A_{00} + A_{01}Y + A_{10}X + A_{11}XY + A_{20}X^2$ ; Orden 2º Forma cuadrática

$N(x,y) = A_{00} + A_{01}Y + A_{02}Y^2 + A_{03}Y^3 + A_{10}X + A_{11}XY + A_{12}XY^2 + A_{20}X^2 + A_{21}X^2Y + A_{30}X^3$ ; 3er orden. Expr. Cúbica

Como era de esperar, el aumento en el orden del polinomio empleado en el ajuste se traduce en una disminución de la magnitud de los residuos. Sin embargo, se sabe que este hecho no implica necesariamente una mejor estimación de la ondulación, para puntos diferentes de los empleados en el ajuste. No obstante, puede suponerse que esto es razonablemente cierto, siempre que no existan tendencias anómalas que requieran formulaciones especiales para su definición, lo cual no es esperable para la modelización del geoido en una zona territorial no muy extensa.

No se han realizado pruebas para ajustes con expresiones de orden superior a tres. De un lado, el número de puntos disponible no permitiría el cálculo de los coeficientes necesarios para

X= xutm - 280760,0042	Y= yutm - 4810238,586
A <sub>00</sub>	53.02141
A <sub>01</sub>	-4.8564E-005
A <sub>02</sub>	3.4148E-010
A <sub>03</sub>	-7.6687E-015
A <sub>10</sub>	-9.8689E-006
A <sub>11</sub>	1.7468E-010
A <sub>12</sub>	5.0077E-015
A <sub>20</sub>	1.9153E-011
A <sub>21</sub>	-9.4186E-015
A <sub>30</sub>	-1.3435E-015

Tabla 2: Coeficientes de la expresión cúbica obtenida para toda Asturias.

MODELO DE GEOIDE. ZONA CENTRAL DE ASTURIAS. AJUSTE POLINOMIAL CÚBICO

Rango de valores de N (m):	3.619
N Medio (m)	53.544
N Mínimo:	51.734
N Máximo:	55.353
$N(X,Y) = A_{00} + A_{01} Y + A_{02} Y^2 + A_{03} Y^3 + A_{10} X + A_{11} XY + A_{12} XY^2 + A_{20} X^2 + A_{21} X^2Y + A_{30} X^3$	
$A_{00}$	53.43641
$A_{01}$	-6.0678E-005
$A_{02}$	2.4718E-010
$A_{03}$	2.9924E-017
$A_{10}$	-2.0673E-005
$A_{11}$	-3.0766E-010
$A_{12}$	-7.1841E-015
$A_{20}$	2.8635E-010
$A_{21}$	-7.3937E-014
$A_{30}$	-1.4593E-014
Coordenadas del centroide: (275564,13 ; 4802523,55)	
<b>Residuos</b>	
Número de puntos:	21
Suma =	-0.0004610
Mínimo:	-0.21853
Máximo:	0.15863
Rango:	0.37716
Residuo medio (val. abs.):	0,05318
$\sum V_i^2 =$	0,1158453

Tabla 3: Coeficientes de la expresión cúbica para la zona central asturiana.

alguna de las zonas en las que se ha subdividido el estudio; y por otra parte, el empleo práctico de una expresión polinómica de cuarto grado es cuando menos de incierto resultado. Por último, como se expondrá seguidamente, los residuos procedentes del ajuste realizado con expresiones cúbicas serán inferiores a la precisión estimada para las cotas ortométricas de los propios vértices, lo cual justifica en cierto modo la no utilización de ecuaciones de orden superior a tres en el proceso de ajuste.

### 3. Estructuración del estudio

Para este trabajo se dispuso de medidas realizadas en vértices ED-50 de la zona central, occidental y oriental de Asturias. En primer lugar, se trató de formular un ajuste global que produjera un resultado para toda la Comunidad. Los valores característicos de los residuos obtenidos en las diferentes clases de ajustes para los 43 puntos utilizados, son los que se indican en la tabla 1.

Aunque puede apreciarse una mejora con el incremento del orden del polinomio en los sucesivos ajustes, la mejor estimación obtenida con la ex-

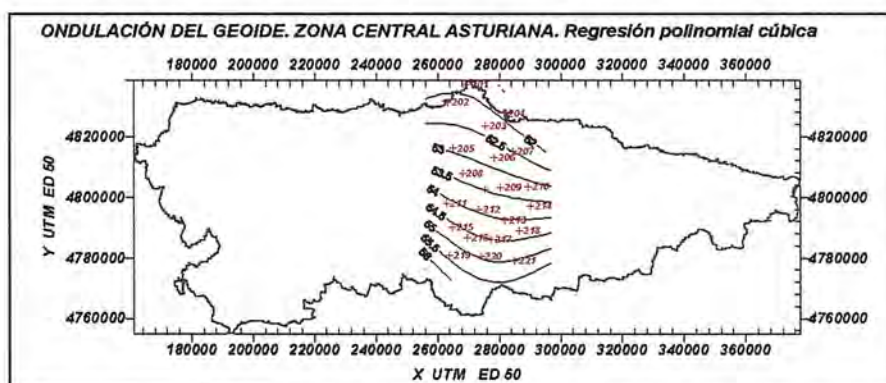


Fig. 3: Representación de isovalores de la ondulación del geode en la zona central de Asturias.

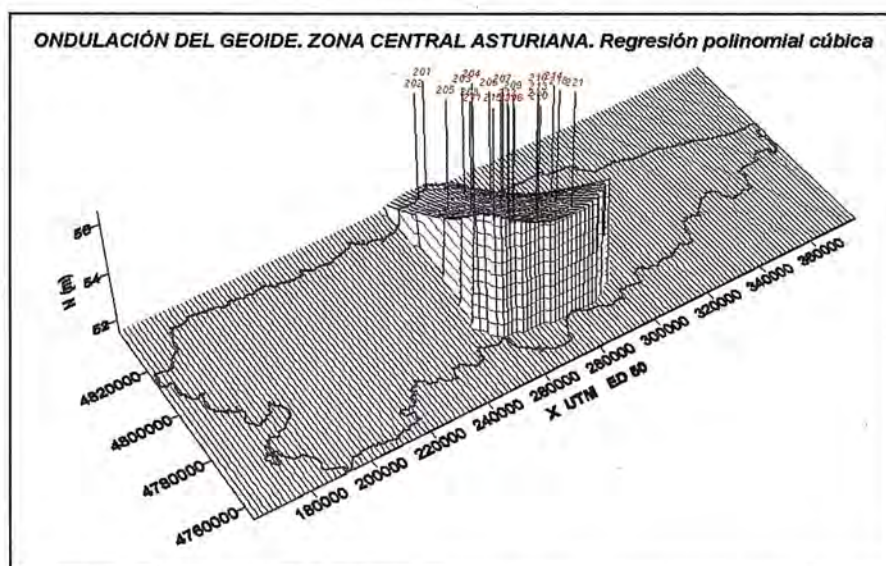
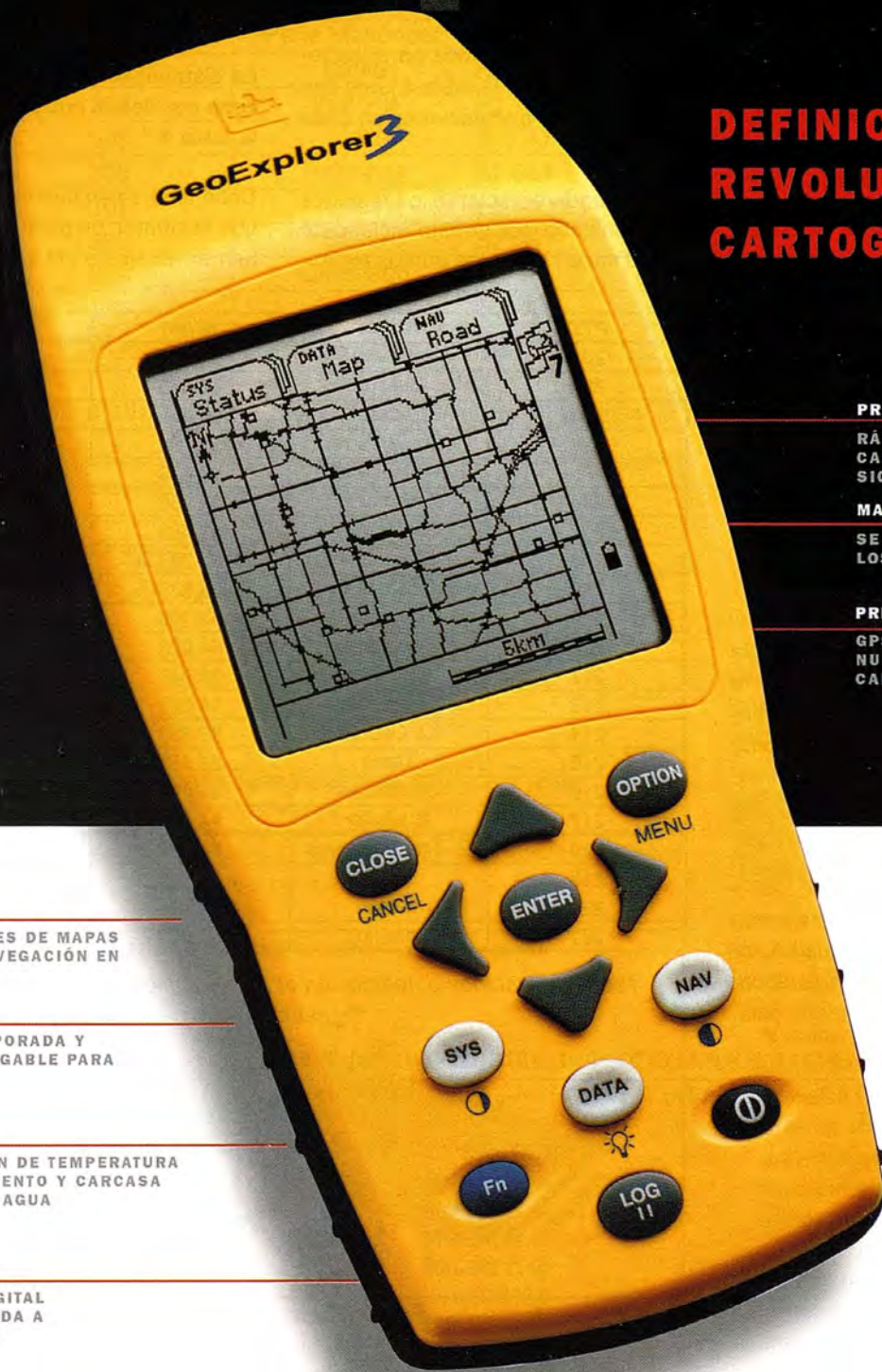


Fig. 4: Representación 3D de la ondulación del geode en la zona Central de Asturias con un ajuste cúbico.



# 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<sup>2</sup> SIN  
CABLE

### GRAFICO

PRESENTACIONES DE MAPAS  
Y DATOS DE NAVEGACION EN  
TIEMPO REAL

### PORTATIL

ANTENA INCORPORADA Y  
BATERIA 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<sup>2</sup>) ("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](http://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

presión cúbica no consigue disminuir los residuos en algunos puntos por debajo de los 60 cm. Por este motivo, se considera que la precisión de esta ondulación es insuficiente y el problema se aborda tratando de hallar expresiones independientes para cada una de las zonas estudiadas.

A continuación y por si fuese de interés, en la tabla 2, se listan los coeficientes de la expresión cúbica obtenida para todo el ámbito territorial de Asturias. Antes de entrar en dicha expresión a partir de las coordenadas UTM ED-50 de un punto, es necesario restarle las coordenadas del centroide de las coordenadas del conjunto de los 43 puntos empleados. Este artificio permitió eliminar el carácter casi singular de la matriz de coeficientes del sistema de ecuaciones normales del ajuste.

En cualquier caso, sí resulta posible apreciar la tendencia general de la forma del geoide en el área estudiada. Las figuras 1 y 2, siguientes muestran la posición, magnitud aproximada y dirección de la pendiente, que disminuye en dirección NE.

Se realizó entonces un estudio individual de cada una de las tres zonas en las que se dividió la Comunidad Autónoma asturiana. Comenzamos ahora la descripción de los resultados obtenidos para cada una de las zonas central, occidental y oriental.

La distribución obtenida para los residuos se lista en la tabla 4 junto con el valor de las ondulaciones en cada punto.

Como puede apreciarse los residuos se mantienen por debajo incluso de los 10 cm en todos los puntos excepto Cucureza y S. Martín, que son vértices que se encuentran contiguos y en la parte central de la subzona.

La distribución de los residuos en la zona occidental puede apreciarse en la tabla 6.

Debe tenerse en cuenta en este caso que el número de puntos que intervienen en el ajuste (11 puntos) es muy

PTO	Nombre	N (m)	Residuos
201	La Granda	51,813	0,02175
202	Buscón	52,055	-0,02609
203	Areo	52,350	0,07019
204	Campa Torres	51,734	-0,07179
205	Peña Menéndez	52,920	0,05028
206	Cucureza	52,536	-0,21853
207	San Martín	52,583	0,15863
208	Paisano	53,288	-0,00598
209	Cadaval 1	53,339	0,04627
210	Llosona	53,109	0,01412
211	Cadaval 2	54,023	-0,08019
212	Pico Boa	53,940	0,04696
213	Cuetra	54,020	0,01679
214	La Oscura	53,539	-0,06346
215	Trapa	54,655	0,08268
216	Campusas	54,628	0,00603
217	Bustiello	54,474	-0,00995
218	P. Tres Concejos	54,238	-0,01342
219	Bildeo	55,353	-0,00057
220	Cerra	54,849	-0,06867
221	Renorios	55,049	0,04443

Tabla 4: Residuos obtenidos en el ajuste cúbico para la zona central asturiana.

MODELO DE GEOIDE ZONA OCCIDENTAL. AJUSTE POLINOMIAL CÚBICO

$N(X,Y) = A_{00} + A_{01} Y + A_{02} Y^2 + A_{03} Y^3 + A_{10} X + A_{11} XY + A_{12} XY^2 + A_{20} X^2 + A_{21} X^2Y + A_{30} X^3$	
A <sub>00</sub>	52.72693
A <sub>01</sub>	-8.9131E-005
A <sub>02</sub>	-5.1821E-009
A <sub>03</sub>	-9.7834E-014
A <sub>10</sub>	-8.7233E-006
A <sub>11</sub>	8.9365E-010
A <sub>12</sub>	-3.1189E-013
A <sub>20</sub>	1.5017E-010
A <sub>21</sub>	-2.9951E-014
A <sub>30</sub>	1.8078E-014
Coordenadas del centroide: (231352,95; 4825208,53)	
Rango de N (m):	1.7511
N medio (m):	52.7227
N Mínimo:	51.8472
N Máximo:	52.0952
<b>Residuos:</b>	
Número de puntos:	11
Suma:	0.00288
Mínimo:	-0.00617
Máximo:	0.01013
Rango :	0.01631
Medía residuos (val. Abs.):	0,0028357
$\sum v_i^2 =$	0,00017995

Tabla 5: Residuos obtenidos en el ajuste cúbico para la zona occidental asturiana.

PTO	Nombre	N (m)	Residuos
301	Buscón	52,055	0,00151
302	Peña Menéndez	52,920	0,00049
303	Sable	52,095	0,00264
304	Peñona	52,781	-0,00471
305	Vidio	51,847	-0,00181
306	Palancas	52,831	0,01013
307	Lauz	53,440	-0,00084
308	Busto	52,261	0,00061
309	Quemado	52,767	-0,00617
310	Sierra	52,117	0,00164
311	Penouta	53,598	-0,00061

Tabla 6: Distribución de los residuos del ajuste cúbico para la zona occidental asturiana.

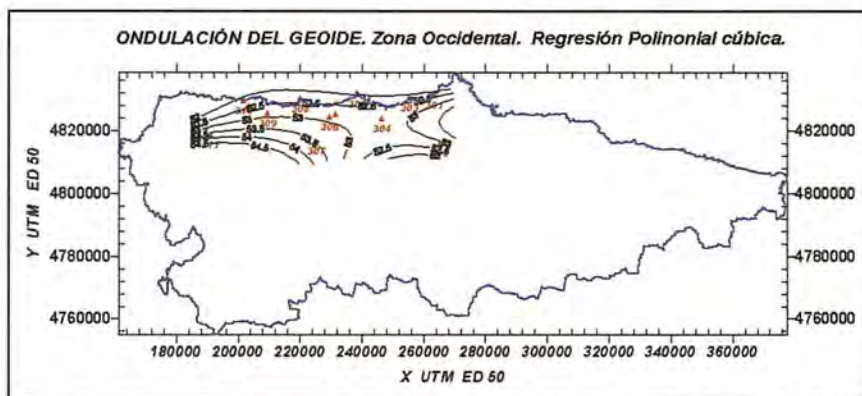


Fig. 5: Representación de isovalores de la ondulación del geoide en la zona occidental de Asturias.

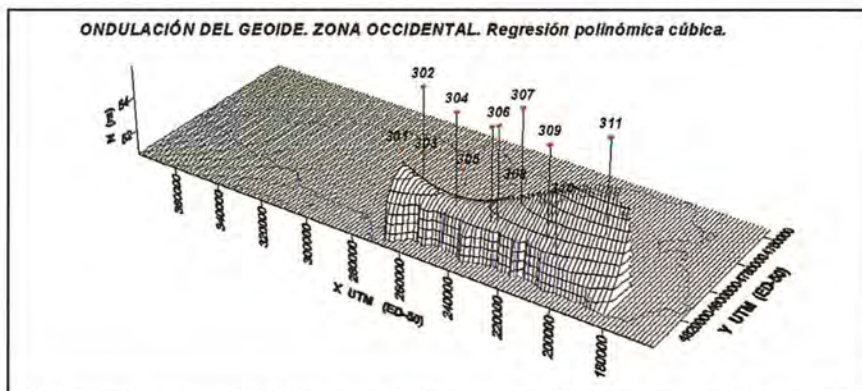


Fig. 6: Representación 3D de la ondulación del geoide en la zona occidental de Asturias con un ajuste cúbico.

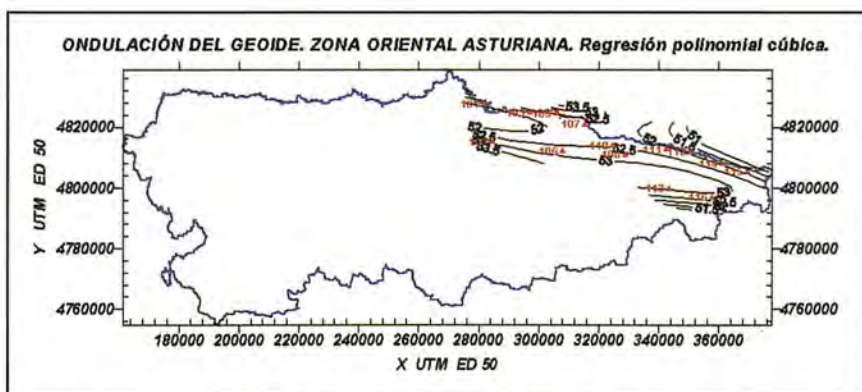


Fig. 7: Representación de isovalores de la ondulación del geoide en la zona oriental de Asturias.

bajo y que por tanto la redundancia del ajuste realizado también lo es.

La distribución de residuos y la denominación de los vértices y sus valores pueden examinarse en la tabla 8.

Los puntos 107, 108 y 110 presentan los residuos más elevados que no exceden los 20 cm.

#### 4. Conclusiones y aplicación de los resultados

A la vista de los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Al aumentar el orden de las expresiones utilizadas en el ajuste, se ha observado una disminución en los valores de los residuos obtenidos, lo cual no implica necesariamente una mejor estimación de la ondulación del geoide para puntos distintos a ellos, aunque su valor puede ser extrapolado sin que con ello se pueda estar cometiendo un error excesivo, siempre que los puntos estén situados en el ámbito de la zona estudiada.
- Resulta preferible determinar los valores de la ondulación del geoide para zonas de poca extensión superficial que para áreas más extensas, puesto que la precisión disminuye a medida que aumenta la superficie territorial abarcada, lo cual se explica por la necesidad de disponer de un mayor número de puntos que cubran de modo más denso y uniforme la zona estudiada.
- En cualquiera de los casos analizados, la tendencia general de la evo-

N Rango (m):	1.675
N Mínimo:	51.575
N Máximo:	53.249
N Media:	52.342
$N(X,Y) = A_{00} + A_{01} Y + A_{02} Y^2 + A_{03} Y^3 + A_{10} X + A_{11} XY + A_{12} XY^2 + A_{20} X^2 + A_{21} X^2Y + A_{30} X^3$	
A <sub>00</sub>	52.40361
A <sub>01</sub>	-1.07001E-004
A <sub>02</sub>	6.2638E-009
A <sub>03</sub>	8.1947E-013
A <sub>10</sub>	-1.1490E-005
A <sub>11</sub>	-4.8249E-010
A <sub>12</sub>	5.4307E-014
A <sub>20</sub>	-7.4181E-010
A <sub>21</sub>	-1.2699E-013
A <sub>30</sub>	-2.1549E-014
Coordenadas del centroide: (326458,021; 4813144,32)	
<b>Residuos:</b>	
Número de puntos:	14
Suma residuos:	-0.01385
Mínimo:	-0.15308
Máximo:	0.14462
Rango:	0.29771
Media:	0,06353
$\Sigma V_i^2$	0,09450

Tabla 7: Coeficientes de la expresión cúbica para la zona oriental asturiana.

PTO	Nombre	N	Residuo
101	Campa Torres	51,734	-0,00624
102	San Martín	52,583	-0,01048
103	Peña Rubia	52,187	-0,01495
105	Curiella	52,741	0,06463
106	Tazonos	52,707	0,04370
107	Tandión	52,168	-0,11725
108	Perullalina	52,488	-0,15308
110	Gobia	52,492	0,14462
111	Ronciello	52,048	0,02895
112	Castiello	51,575	-0,06227
113	Cardosas	53,224	-0,01207
114	Cue	51,889	0,13823
115	Borbolla	51,704	-0,07524
116	Cuerno	53,249	0,01762

Tabla 8: Distribución de residuos para la zona oriental asturiana.

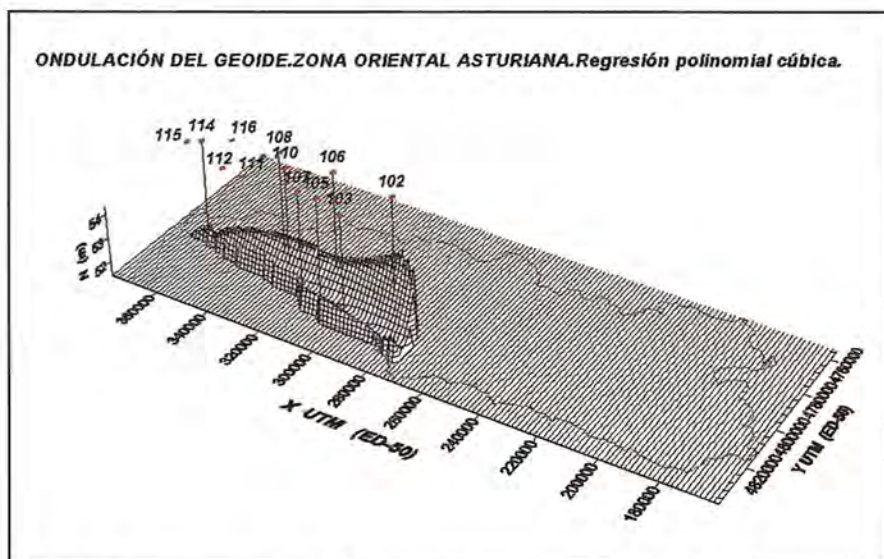


Fig. 8: Representación 3D de la ondulación del geode en la zona oriental de Asturias con un ajuste cúbico.

lución del geode en Asturias es con pendiente negativa en dirección NE, es decir, disminuye desde la zona de la cordillera, situada al sur, en dirección hacia la costa nororiental asturiana.

- Para la aplicación de las fórmulas anteriores, basta con restar las coordenadas del centroide de cada zona a las coordenadas UTM, transformadas al huso 30 y referidas al datum ED-50, del punto cuya ondulación del geode se quiere conocer y sustituir estas coordenadas reducidas en la expresión polinómica correspondiente a la zona de Asturias donde se esté trabajando.
- Salvo anomalías locales, las precisiones esperables en la ondulación del geode, son del mismo orden de magnitud que los suministradas por el IGN para las cotas ortométricas de los vértices geodésicos empleados. Por tal motivo los cálculos realizados han arrojado unos resultados que sólo son válidos para el interior de las zonas delimitadas por las mediciones GPS incluidas en el estudio, no pudiendo ser aplicadas para otros puntos geográficamente situados fuera de ellas, como son por ejemplo, las zonas suroccidental y sur-oriental del Principado de Asturias.

## Referencias

Puente Rodríguez, Delfín; Sánchez Fernández Benjamín; et. al. «Aplicación de la técnica de medición GPS a la triangulación de la zona central de Asturias». Topografía y Cartografía n° 86.

Sánchez Fernández Benjamín; Camblor Ordiz Abel; Puente Rodríguez Delfín; et. al. (1995). «Aplicación de técnicas GPS a la determinación de la ondulación del geode en la zona central asturiana». Ingeniería Civil CEDEX.

Hofmann-Wellenhof, B; Lichtenegger, H.; Collins, J. (1994): «Global Positioning System. Theory and Practice». Springer-Verlag, New York.

Sevilla, M.J.: «A new gravimetric geoid in the Iberian peninsula». Instituto de Astronomía y Geodesia. (UCM-CSIC). Universidad Complutense. Madrid. <http://www.eogis.com/lberge95.PDF>

Gil Cruz, Antonio. (1998). «Determinación del geode. Problemática y metodologías». De Antonio J. Gil Cruz. XIV Cursos de Verano de Laredo. Universidad de Cantabria.

Kotsakis, C.; Sideris, M.G.; (1999). «On the adjustment of combined GPS levelling geoid networks». Journal of Geodesy, Pag. 73.

# Alternativas a los servidores de mapas<sup>1</sup>

Pau Serra del Pozo.

Oficina Tècnica de Cartografia i SIG Local  
(Diputació de Barcelona).

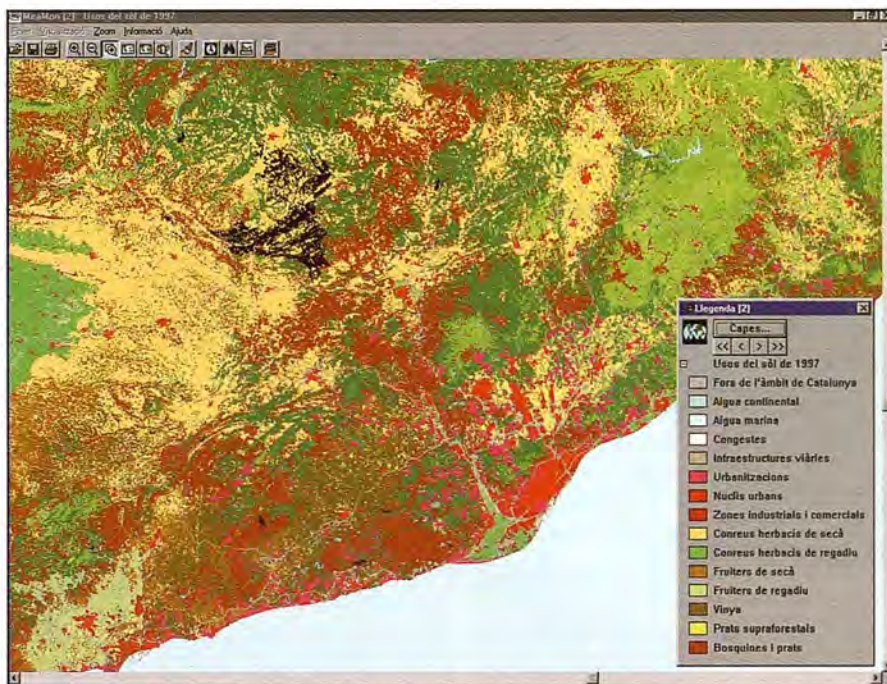


En el artículo anterior de Mapping «Cinco servidores de mapas» se hizo un repaso de la tecnología de servidores de mapas y una comparación entre cinco servidores de mapas comerciales. Los servidores de mapas pueden ser, ciertamente, las herramientas ideales para la publicación de información geográfica en internet...a condición de que nuestra empresa o institución disponga del presupuesto y de los medios materiales y humanos necesarios para la adquisición, instalación, desarrollo y mantenimiento del servidor de mapas. Las alternativas a los servidores de mapas son diversas, pero no superan las prestaciones de un servidor de mapas. Se consideran en este artículo tres alternativas: los mapas estáticos sensitivos, los visualizadores «freeware» y las soluciones basadas en programación XML.

## Los visualizadores «freeware»

Antes se ha comentado que algunas administraciones públicas han optado por dejar en su página web ficheros gratuitos de cartografía y algún visualizador también gratuito o mini-SIG «freeware».

La página de web del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya<sup>2</sup> es tal vez el paradigma de esta modalidad de publicación de la información geográfica. Este Departament dejó disponibles en su web 16 capas de cartografía ambiental y 11 capas topográficas a partir del año 1999. La cartografía está disponible en un formato comprimido. El usuario puede descargar la versión gratuita para internet del SIG «Miramon»<sup>3</sup>, denominado «Lector de mapas Miramon», que es el visualizador de la car-



*El lector de mapas Miramon para información geográfica ambiental de Catalunya ha tenido una gran acogida entre la comunidad de profesores, académicos e investigadores ([www.gencat.es/mediamb/sig/sig.htm](http://www.gencat.es/mediamb/sig/sig.htm)).*

tografía. El «Lector de mapas Miramon» abre la cartografía comprimida a gran velocidad y dispone de herramientas de visualización, consulta alfanumérica y mapas temáticos. Desde 1999 el Departament de Medi Ambient viene actualizando la información y la vuelve a dejar disponible en su web. El usuario que ya descargó información necesita visitar la página más veces para comprobar si se ha actualizado y, en caso afirmativo, volver a «descargar» la cartografía.

Otra modalidad la constituyen los visualizadores gratuitos de las empresas comerciales de SIG, como Geomedia Viewer 2.0<sup>4</sup> (de Intergraph), ArcExplorer<sup>5</sup> (de ESRI) y MapInfo ProViewer<sup>6</sup>. La funcionalidad de estos visualizadores es similar a la del «Lector de mapas

de Miramon». Sin embargo, Geomedia Viewer no permite más que visualizar la información gráfica. No dispone de herramientas para consultas alfanuméricas ni de funciones para realizar mapas temáticos, aunque sí permite realizar un filtro de visualización de la información a través de una sentencia SQL (Standard Query Language) que el usuario debe escribir sin apenas ayudas. MapInfo ProViewer es un visualizador que sólo permite la visualización de entornos de trabajo con mapas temáticos ya creados, identificación de elementos y búsqueda de elementos sobre listado y mapa.

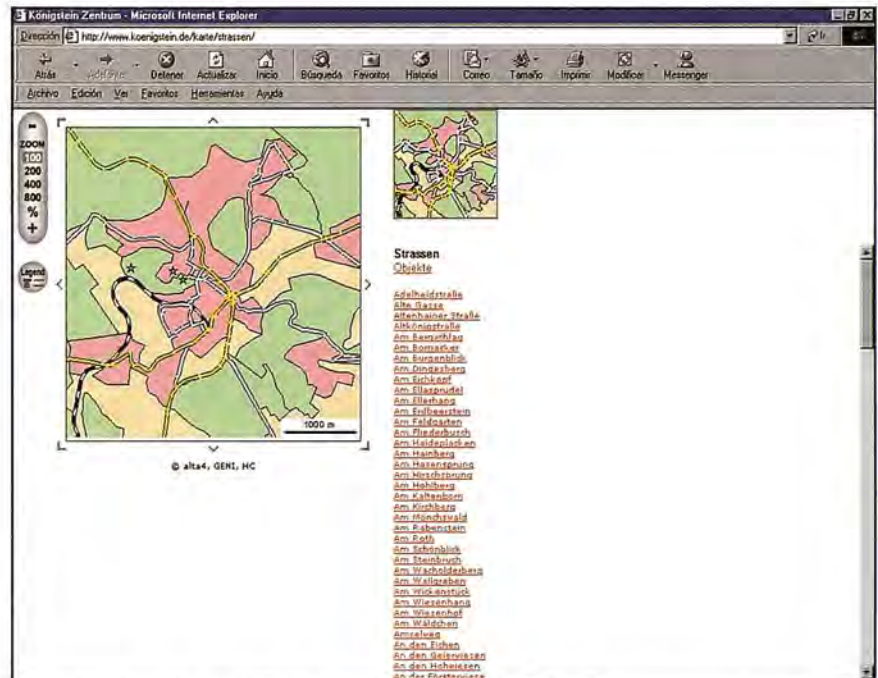
ArcExplorer dispone de herramientas de visualización de cartografía en diversos formatos (vectorial e imágenes), la consulta de atributos por se-

lección gráfica de un elemento cartográfico, consultas alfanuméricas y cartografía temática. ArcExplorer 2.0 puede abrir formatos de CAD de AutoCad y MicroStation, mientras que ArcExplorer 3.0 (que no abre ficheros de CAD), tiene herramientas de selección gráfica y también puede realizar áreas de influencia («buffers») y utilizarlas para seleccionar otras capas a través de superposición. ArcExplorer puede además hacer funciones de cliente de un servidor de mapas. Permite además la realización de geocodificación de direcciones postales («addressmatching»)<sup>7</sup>.

Geovisor LT (ya citado anteriormente) es uno de los pocos visualizadores de SIG realizados por una empresa de servicios no dedicada a la producción de software. Geovisor LT puede realizar múltiples tipos de superposición de capas, como un SIG profesional, superando en este aspecto a los otros visualizadores gratuitos que se revisan aquí, así como la selección gráfica de uno o múltiples elementos a través de diferentes formas geométricas (círculo, rectángulo, polígono irregular y línea). También permite el acceso a la tabla de datos alfanuméricos y la creación de mapas temáticos de densidad de puntos, que supone una ventaja respecto a ArcExplorer. Permite la realización de consultas alfanuméricas sencillas (las booleanas sólo están implementadas en la versión «no LT», una desventaja respecto a ArcExplorer). No dispone de geocodificador de direcciones postales.

Ninguno de estos visualizadores permite la edición manual de rangos en la clasificación para confeccionar mapas temáticos.

Los visualizadores no constituyen unas herramientas de publicación de información geográfica intuitivas (una característica crítica en internet), ya que es necesario realizar operaciones propias de usuarios con cierta experiencia: bajar e instalar ficheros de programas en el ordenador local (excepto el lector de mapas Miramon que se instala de manera transparente al usuario) y utilizar un programa



**La página de web de la ciudad de Koenigstein ([www.koenigstein.de/karte/strassen/](http://www.koenigstein.de/karte/strassen/)) contiene una lista de calles que enlazan con la cartografía. Al hacer clic sobre el nombre de una calle la ventana del mapa aparece la localización de la calle.**

que, al fin y al cabo, es un mini-SIG no destinado al gran público. Los visualizadores no son personalizables, son productos cerrados (por las empresas que los crean) que no se pueden programar para adaptarlos, a no ser que se encargue un proyecto «ad hoc» a la empresa que confecciona el programa. Otra desventaja de los visualizadores «freeware» es que la cartografía, una vez descargada al ordenador local puede quedar desactualizada, de manera que es necesario volver a visitar la página de web para comprobar si la información se ha actualizado y volver a descargarla. A pesar de todo los visualizadores «freeware» constituyen una opción interesante para la publicación de datos geográficos en internet.

El producto ArcReader<sup>8</sup> de la empresa ESRI puede hacer cambiar la manera publicar información geográfica en internet y en otros soportes, como el CD. Se trata de un programa que se inspira en el popular Acrobat Reader de la empresa Adobe. ArcReader es un visualizador «cerrado» de mapas, de la misma manera que Acrobat Reader lee (sin capacidad de edición) ficheros de formato pdf que pueden

contener texto e imágenes. Los mapas de ArcReader dispone de herramientas de zoom, permite interrogar los atributos de los elementos cartográficos, hacer búsquedas de textos (topónimos) en el mapa, medir distancias, acceder a enlaces de internet a partir de los elementos cartográficos, hacer visible o invisible las capas, e imprimir el mapa. De momento, sin embargo, ArcReader precisa leer un fichero de configuración de la cartografía (PMF, creado a partir de un módulo de ArcMap denominado ArcGIS Publisher) y los propios ficheros de la cartografía. Las funciones de ArcReader no serán más sofisticadas que las de los visualizadores antes mencionados, pero no cabe duda que puede lograr que los mapas se publiquen con mayor facilidad<sup>9</sup>. MapInfo ha anunciado también la próxima aparición de un producto similar denominado Catalina<sup>10</sup>.

### Los mapas estáticos sensitivos en HTML

Estos mapas consultables desde un «browser» o navegador de internet, consisten en páginas simples en formato HTML y de imágenes GIF o JPG

con «image maps» (zonas de una imagen con «hyperenlace»). Estas páginas son creadas por SIG profesionales como MapInfo o ArcView. Es necesario añadir un módulo o extensión<sup>11</sup> a estos programas de SIG para poder crear las páginas HTML. La versión 6 de MapInfo, sin embargo, permite crear estas páginas sin necesidad de añadir ningún módulo aparte, aunque los resultados tienen menor funcionalidad que los módulos o extensiones mencionadas. Estas extensiones crean automáticamente los enlaces entre una lista de atributos (por ejemplo, una lista de calles de una población) y los elementos cartográficos.

El usuario puede realizar diversos niveles de zoom no dinámico (se selecciona uno de los cuatro cuadrantes en que se divide la imagen de la cartografía) y de desplazamiento («pan»), disponen de «map tips», (información que se ofrece al usuario a medida que se recorre el mapa con el cursor o «ratón»). Esta solución ofrece una leyenda con la simbología de la cartografía. También puede presentar una pequeña imagen general de toda la cartografía («overview»)<sup>12</sup>,

Estas páginas web no acceden a ficheros de información geográfica, como los servidores de mapas o los visualizadores «freeware», sino que leen ficheros HTML. Constituyen una solución estática, pese a que permite al usuario una cierta interactividad: herramientas de visualización, un tipo de consulta alfanumérica simple y alguna respuesta al hacer clic en los elementos cartográficos, como obtener sus datos correspondientes o una fotografía o un enlace de internet, etc. Estos tipos de interacciones los puede definir el creador de la página web.

Una vez creados los ficheros HTML con ArcView o MapInfo lo único que se requiere, por parte del creador de la página web, es, simplemente, copiar los ficheros al servidor de datos.

Esta solución, a diferencia de los visualizadores gratuitos, es verdaderamente una solución para internet,

ya que la interfase está dirigida al público no experto, y no requiere que el cliente realice ningún tipo de instalación ni de gestión de ficheros. Ofrece, ciertamente, unas funciones mucho más limitadas que un servidor de mapas o un visualizador gratuito. De todos modos, la funcionalidad de los mapas estáticos sensitivos en muchas ocasiones puede ser suficiente para presentar la información geográfica de manera sencilla. Y el precio es «sencillo» también: es alrededor de 30 a 80 veces más barato que un servidor de mapas.

Un ejemplo de este tipo de publicación de información geográfica a través de internet lo constituye la página del callejero de la ciudad de Koenigstein<sup>13</sup>, realizado con la herramienta Image-mapper.

### **Los mapas estáticos sensitivos basados en programación XML<sup>14</sup>**

Esta sección se centra en el.

Hasta ahora, casi todas las soluciones de publicación de mapas en internet explicadas en este artículo se basan en productos propietarios, es decir, programas comerciales de servidores de mapas o programas mini-SIG «freeware». La aparición del lenguaje XML (Extended Markup Language)<sup>15</sup>, adoptado por el World Wide Web Consortium (W3C) está facilitando el desarrollo de nuevas maneras de presentar la información geográfica en internet. De hecho, tanto el HTML como el XML y otros proceden del lenguaje de marcas universal creado por W3C, denominado SGML (Standard Generalized Markup Language). El lenguaje HTML (Hyper Text Markup Language), con el que se inició la presentación de las páginas en el World Wide Web a principios de los años 1990.

Como HTML, XML es un lenguaje de marcado que permite agrupar datos de una manera inteligente, independientemente de su representación. Los contenidos en XML se agrupan en etiquetas como <TITLE>Mapas en internet</TITLE>. La etiqueta <TITLE> marca el

principio y la etiqueta </TITLE> marca el final. «Mapas en internet» es el contenido. XML permite crear etiquetas propias, algo que no es posible realizar con HTML. Si uno puede crear sus propias etiquetas puede definir su propio lenguaje. Por ejemplo si uno crea las etiquetas <POLÍGONO> y </POLÍGONO> y les asigna una serie de puntos en el contenido, habrá definido un polígono. De esta manera ha aparecido el lenguaje GML (Geographic Markup Language<sup>16</sup>), basado en los estándares del OpenGIS Consortium<sup>17</sup>, que es, de hecho, un «dialecto» derivado del XML.

En el caso de la información geográfica, un conjunto de elementos cartográficos, con coordenadas y atributos alfanuméricos (como parcelas de catastro o puntos con muestras de contaminación), disponibles en formato propietario de SIG o CAD (shapefile, DGN, etc.) o en un formato de texto, puede ser convertido a código XML o GML y viajar rápidamente por la red con la misma facilidad con que viaja el código HTML. El cliente o browser interpreta la parte del código XML-GML que se refiere a los elementos cartográficos, y lo representa gráficamente.

Para poder representar los datos del GML gráficamente el «browser» debe disponer de algún lector o «parser» de lenguajes (o formatos, en términos más informales) gráficos standard, como son el SVG (Scalable Vector Language) o el X3D (derivado del Virtual Reality Markup Language). Por ejemplo, Adobe<sup>18</sup> ha desarrollado un «plugin» para la lectura del SVG en «browsers» o navegadores de internet. EL GML versión 2 aún no dispone de su propio «parser», pero está previsto que se incluya en la próxima versión de GML. El browser Explorer de Microsoft soporta la visualización de VML (Vector Markup Language), otro lenguaje derivado de XML, desarrollado por la propia empresa Microsoft<sup>19</sup>. VML no es completamente estándar, ya que el navegador Netscape precisa un «plug-in» para leerlo.

El código XML se utiliza también en los servidores de mapas. De hecho,

www.bentley.com



**Bentley es la compañía que desarrolla más productos de software básico para E/C/O – Ingeniería, Construcción y Operaciones –, Producción Cartográfica, Servicios y Gestión de Redes**

**MicroStation GeoGraphics y ModelServer Publisher:**  
Sistema de Información Geográfica y Publicación en Internet.  
**MicroStation Triforma:** Arquitectura  
**InRoads Site, InRoads e InRail:** Ingeniería Civil\*  
**PlantSpace:** Diseño de Plantas  
**ProjectWise:** Gestión de Documentación Técnica

\*Los Productos de Ingeniería Civil se pueden ejecutar sobre distintas plataformas de CAD

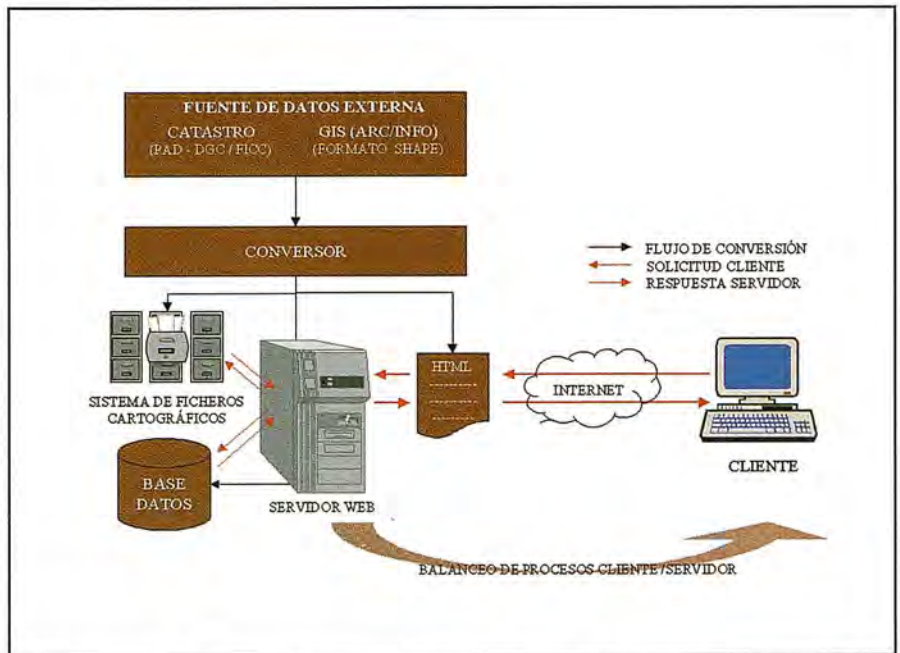


**BENTLEY**  
*Engineering the future together*

Para más información:  
Bentley Systems Ibérica S.A.  
Centro Empresarial El Plantío  
C/ Ochandiano, 8  
28023 Madrid  
Tfno: 91 372 89 75  
Fax: 91 307 62 85  
[www.bentley.es](http://www.bentley.es)



ArclIMS, el servidor de mapas de ES-RI incorpora la posibilidad de enviar al cliente de internet la cartografía en formato XML. Tanto ArclIMS como AutoDesk MapGuide pueden utilizar ficheros XML de configuración de la simbología de la cartografía (color, estilo, etc.). Por su lado, MapInfo ha apostado por XML interactuando con sus productos de servidor de mapas, rutas y geocodificación para su tecnología de internet móvil. GeoMedia Web también soporta XML: toda la implementación de la división Intelli-Where<sup>20</sup> de Intergraph para LBS (Location Based Services) y dispositivos móviles en general (PocketPc, Teléfonos Wap, etc.) se ha realizado en lenguaje XML, generando la salida en HTML con funciones en Javascript o Visual Basic script (aunque éste último no es compatible con Netscape), con la ventaja de que en el lado cliente no es preciso ningún «plug-in».

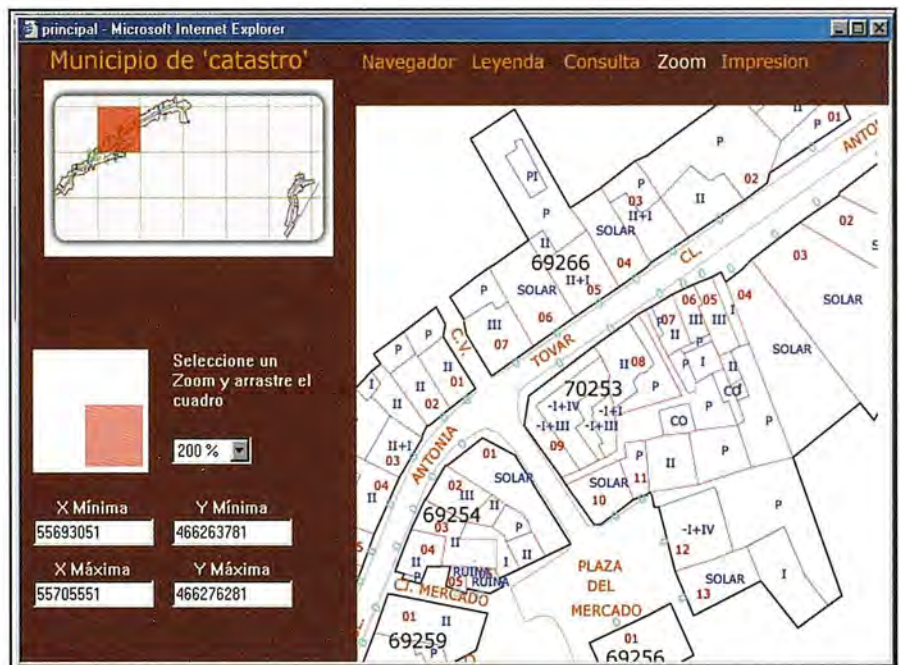


Esquema de funcionamiento de MUNIGESTIÓN. Gráfico realizado por Luis Izquierdo.

Otra aplicación del XML consiste en la creación de mapas estáticos sensitivos. Este es el caso de la página web de «MUNIGESTION Sistema de Información y Gestión para la Administración Local»<sup>21</sup>.

La web de MUNIGESTIÓN dispone de un ejemplo de consulta de cartografía catastral de un municipio de la Comunidad de Madrid a través de internet. La cartografía se encuentra en formato SVG. La aplicación además utiliza código Java. De esta manera, combinando SVG y Java es posible simular funciones de servidor de mapas.

MUNIGESTIÓN consiste en una solución estática de publicación de la información geográfica. El usuario, como en el caso de la solución HTML de mapas sensitivos, no consulta la información geográfica en formato nativo, sino que accede a ficheros que proceden de la cartografía en formato nativo y que son actualizados con la periodicidad que disponga el administrador de los datos. El flujo del funcionamiento de MUNIGESTIÓN (ver gráfico) se explica a continuación. El administrador traduce la información geográfica (procedente, por ejemplo, de ficheros FICC y PAD de la Dirección



MUNIGESTIÓN ([www.munigestion.com](http://www.munigestion.com)) permite la consulta y visualización de cartografía catastral.

General de Catastro o de ficheros SIG como ArcInfo u otros) al formato SVG, dividiendo toda la extensión geográfica de la información en sectores cuadrados, de manera que la cartografía que se muestra no es realmente continua (como sucede también en las soluciones de mapas estáticos sensitivos en HTML. De hecho está previsto que el sistema en el que se basa

MUNIGESTIÓN supere este inconveniente en próximas versiones), aunque los trozos que se muestran se visualizan rápidamente, ya que son zonas de extensión limitada, de pocos Kb.

La ventaja de un sistema como MUNIGESTIÓN es que la cartografía SVG que el usuario solicita tiene un carác-

ter más dinámico que las imágenes JPG o GIF de las soluciones HTML o de los servidores de mapas (alguno de los cuales, por otro lado, también pueden enviar al cliente información en formato XML, como se señala más adelante): el usuario puede realizar determinadas funciones «en local», ya que dispone del fichero SVG en su memoria virtual. Por ejemplo, al hacer un «clic» sobre cualquier código de parcela, el «browser» ofrece sus datos correspondientes y aparece la parcela en tamaño aumentado, con un color de selección. En definitiva, ciertas funciones como los «zooms» o activación y desactivación de capas se ejecutan sólo en el ordenador local, sin necesidad de una nueva petición al servidor, con el consecuente ahorro de recursos del servidor y tráfico a través de internet. También permite la selección de ventanas de zoom especificando las coordenadas mínimas y máximas de la zona a ampliar.

El administrador determina las propiedades de la información que se mostrará: escala, color, grosor de línea, posibles enlaces a la base de datos, y la interactividad de los elementos cartográficos: «map tips» e «hyperenlaces». MUNIGESTIÓN prevé dar un paso más: facilitar a través de una página web el servicio de creación de páginas web para la publicación de información geográfica a usuarios registrados.

La novedad y la clave de este sistema no está tanto en la programación de herramientas de la interfaz del cliente como en el formato de la información geográfica. En este sentido se puede añadir que los usuarios del popular ArcView 3 no han perdido el tiempo y acaban de publicar dos «scripts» en la web de ArcScripts de ESRI<sup>22</sup> que tienen una antigüedad de una semana uno y de un día el otro en el momento de escribir este artículo y que transforman información geográfica en el formato SVG.

### En definitiva, ¿qué solución elegir?

En el cuadro 1 se resume las diferentes opciones para publicar información geográfica en internet.

	<b>Descarga de cartografía y visualizador ligero</b>	<b>Solución HTML de mapas estáticos sensitivos</b>	<b>Programación con XML: mapas estáticos sensitivos</b>	<b>Servidor de mapas</b>
<b>Perfil del cliente o usuario final</b>	Experto o semi-experto	No experto o universal	No experto o universal	No experto o universal
<b>Medios necesarios para la implantación</b>	Servidor web y los ficheros de la cartografía. Visualizador propio o freeware.	Servidor web, ficheros de la cartografía, SIG y módulo específico para crear los ficheros HTML	Servidor web, entorno de programación Java	Servidor web, servidor de mapas y servidor de datos (opcional)
<b>Costo de implantación: en dinero y en tiempo</b>	Muy bajo: carga ("upload") de la cartografía y del visualizador	Bajo: conocimientos de programación no necesarios	Alto: conocimientos de programación necesarios	Muy alto: por el precio de la herramienta como por conocimientos de programación
<b>Funciones</b>	Semi-avanzadas: visualización, cartografía temática, consultas complejas, geocodificación de direcciones postales una a una, análisis espacial limitado	Limitadas: visualización y consulta simples	Visualización y consulta semi-avanzadas	Avanzadas: visualización avanzada, consultas complejas, "routing", "addressmatching" masivo, análisis espacial, "data binding"
<b>Velocidad de respuesta (en la parte del cliente)</b>	Muy rápida: el programa y los ficheros están en el PC local	Muy rápida: el usuario sólo carga ficheros ligeros sin proceso remoto	Rápida: el usuario sólo descarga ficheros XML no muy ligeros, pero sin proceso remoto. Una vez descargados, la consulta es muy rápida	Menos rápida: el usuario carga ficheros ligeros de imagen en cada consulta o bien vectoriales (en XML u otros formatos), con proceso en el servidor en ambos casos. Sin embargo, cuando los ficheros vectoriales ya están en local las operaciones que se realizan son rápidas

CUADRO 1

Como se ha visto en estas páginas, las soluciones para publicar información geográfica en internet son diversas. Se podría decir que cada solución responde a un perfil diferente de proyecto: la solución de un visualizador o «mini-SIG» puede ser una manera eficaz de distribuir la información de forma interna, en el seno de una organización. La distribución interna del visualizador puede ir acompañada de alguna acción, dentro de la organización, de soporte técnico y de formación. La distribución del visualizador por internet puede resultar también muy eficaz en entornos escolares, universitarios, científicos, profesionales y administraciones públicas, en los que un tutor o un usua-

rio más experto puede hacerse cargo de enseñar el funcionamiento del programa a usuarios noveles. De esta manera el usuario podrá familiarizarse más rápidamente con las herramientas del visualizador.

La solución HTML de mapas estáticos sensitivos puede interesar a entornos económica y tecnológicamente modestos y, al mismo tiempo, deseosos de publicar de manera rápida y eficaz: pequeñas empresas, ayuntamientos de menos de 20000 habitantes<sup>23</sup>, escuelas, departamentos universitarios no expertos en SIG ni programación, asociaciones, ONGs, etc. La distribución de la información puede alcanzar a un público universal a través de in-

ternet o de manera más restringida, si se desea, en una intranet.

La programación de mapas estáticos sensitivos con XML corresponde a equipos de trabajo con experiencia en programación. Esta solución requiere una importante inversión en formación y en tiempo. Los resultados pueden llegar a ser espectaculares y a competir en costo y prestaciones con los servidores de mapas. Los posibles desarrolladores de esta solución serán empresas que probablemente no publicarán datos directamente sino que buscarán rentabilizar su inversión, dando servicio a municipios de tamaño mediano (entre 20000 y 50000 habitantes), diputaciones, empresas locales, etc.

Por último, los servidores de mapas constituyen la mejor opción para organizaciones voluminosas, como ministerios, comunidades autónomas, grandes diputaciones y municipios mayores de 50000 habitantes y grandes empresas, como empresas de redes de servicios (operadores de telecomunicaciones, eléctricas, gas, etc.). La información que deben compartir internamente estas organizaciones es grande. También pueden poner a disposición del público mucha información. Estas grandes organizaciones disponen por lo general de una infraestructura humana y material suficiente, un servicio de informática y de SIG (integrado o no en el de informática), servidores de web y de aplicaciones, y son capaces de asumir y de rentabilizar el esfuerzo económico y de desarrollo que supone un servidor de mapas.

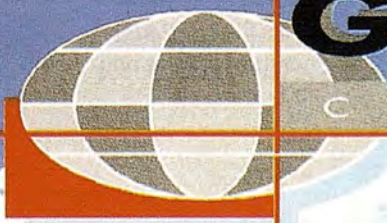
## NOTAS

1. El autor agradece los comentarios de algunas personas en la realización y revisión de este artículo: Benito Pérez, Juan Carlos Cuesta, Luis Izquierdo, Carlos Karsunke, Carlos Sabando, Joan Segura, Joan Simó y Pedro Torres. Los posibles errores de este artículo son, sin embargo, responsabilidad única del autor.
2. [www.gencat.es/mediamb/sig/sig.htm](http://www.gencat.es/mediamb/sig/sig.htm)
3. SIG desarrollado en el CREAM (Centre de Recerca Ecològica i d'Aplicacions Forestals), de la Universitat Autònoma de Barcelona ([www.creaf.uab.es/creaf/index.htm](http://www.creaf.uab.es/creaf/index.htm))
4. La página [www.ingr.com/gis/demos/viewer/](http://www.ingr.com/gis/demos/viewer/) informa que próximamente estará disponible Geomedia Viewer 5.0 para descargar gratuitamente. Mientras tanto, para obtener gratuitamente Geomedia Viewer 2.0 es necesario solicitarlo a la empresa Intergraph.
5. [www.esri.com/company/free.html](http://www.esri.com/company/free.html)
6. [www.mapinfo.com/free/index.cfm](http://www.mapinfo.com/free/index.cfm)
7. ArcExplorer 4 está ya disponible en la web de ESRI: [www.esri.com](http://www.esri.com)
8. [www.esri.com/software/arcgis/arcreader/overview.html](http://www.esri.com/software/arcgis/arcreader/overview.html)
9. Tanto ArcExplorer como ArcReader, además de constituir visualizadores de información geográfica «en local», pueden ser clientes de un servidor de mapas.
10. [www.mapinfo.com/magazine](http://www.mapinfo.com/magazine) (volumen 6, número 4, página 5)
11. Las extensiones, mencionadas antes, son Imagemapper 3.1 y 8, de la empresa Alta4 ([www.alta4.com](http://www.alta4.com)), y WebView 2.0, de Zebris ([www.zebris-geoconsult.de/english/main\\_webview.htm](http://www.zebris-geoconsult.de/english/main_webview.htm)). En las páginas de web de estas empresas se citan ejemplos de mapas estáticos sensitivos creados a partir de Imagemapper y WebView.
12. Existen otras soluciones similares a los mapas estáticos sensitivos, no basadas en la creación automática de los enlaces entre listas de elementos y la cartografía. Un ejemplo es «Visualizador de la provincia de Barcelona», de la Oficina de Cartografía i SIG Local de la Diputació de Barcelona, que muestra imágenes de ortofotos y de cartografía de la provincia de Barcelona ([www.diba.es/otgcl/maqueta.asp?cont=83](http://www.diba.es/otgcl/maqueta.asp?cont=83)).
13. <http://www.koenigstein.de/karte/strassen/>
14. Este apartado se basa en parte en el artículo de Lake (2001), citado en la bibliografía.
15. [www.w3.org/xml](http://www.w3.org/xml)
16. [www.gmlcentral.com](http://www.gmlcentral.com) y <http://opengis.net/gml/>
17. [www.opengis.org](http://www.opengis.org)
18. El «plug-in» se puede descargar en [www.adobe.com/svg/main.html](http://www.adobe.com/svg/main.html)
19. El servidor de mapas SITNA de la Comunidad Foral de Navarra utiliza el VML. Ver SABANDO GRA-SA, Carlos (2000).
20. [www.intelliwhere.com](http://www.intelliwhere.com)
21. Munigestión es un proyecto que se encuentra en una fase inicial. La tecnología de Munigestión es descrita en el texto a continuación por su propio creador. A diferencia de otros productos, MUNIGESTIÓN ha sido programado enteramente en España, por un geógrafo de la Universidad de Navarra, Luis Izquierdo.
22. <http://arcscripts.esri.com>, buscar scripts con la cadena «XML» como palabra clave.
23. Las referencias a la magnitud de los municipios por número de habitantes aquí y en los párrafos siguientes puede resultar adecuada en determinadas provincias, mientras que en otras puede no serlo. Las magnitudes que se ofrecen son simplemente posibles ejemplos.

# CARTOGRAFIA

**GEOMAP**

CARTOGRAFIA



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

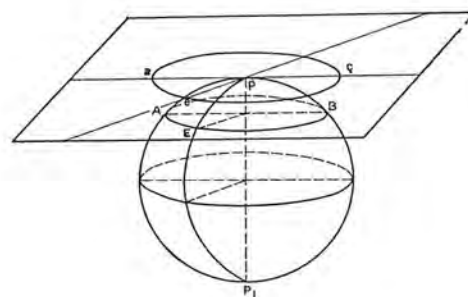
# Generación de modelos tridimensionales de cuevas y túneles

Juan Carlos Ojeda Manrique.  
Ingeniero en Geodesia y Cartografía.  
E.T.S.I. de Caminos. Universidad Politécnica de Madrid.

Rubén Martínez Marín.  
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
E.T.S.I. de Caminos. Universidad Politécnica de Madrid.

Francisco González Gámez.  
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
E.T.S.I. de Caminos. Universidad Politécnica de Madrid.

José Antonio Sánchez Sobrino.  
Ingeniero en Geodesia y Cartografía.  
E.T.S.I. de Caminos. Universidad Politécnica de Madrid.



## Resumen

La utilización de MDT (Modelos Digitales del Terreno) basados en redes irregulares de triángulos (TIN) en cuevas y grutas, presenta ciertos problemas debido a que se basan en la técnica de triangulación de Delaunay.

La triangulación de Delaunay genera una red de triángulos lo más regular posible, uniendo puntos cuya situación planimétrica es la más cercana. Esta circunstancia puede producir, en cuevas o túneles, que se unan puntos de parecidas coordenadas planimétricas pero alturas muy diferentes.

En el presente artículo se desarrolla una metodología que genera modelos digitales del terreno (MDT) sin las limitaciones impuestas por la técnica de triangulación de Delaunay. Para ello se toman secciones transversales significativas, se realiza un tratamiento del fichero de puntos y como último paso se genera la triangulación entre secciones.

En la parte final del presente artículo se muestran algunos ejemplos realizados mediante la aplicación informática desarrollada en un entorno gráfico.

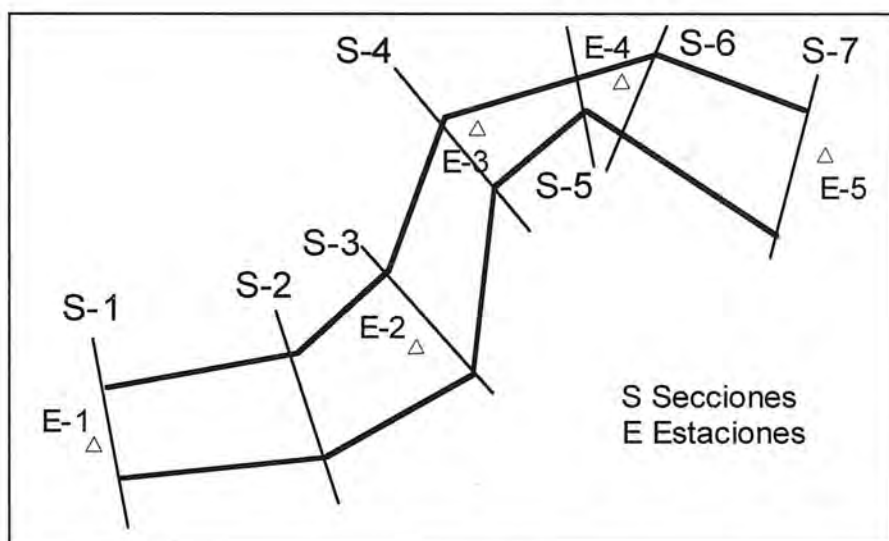


Figura 1. Definición de secciones en una cueva. Vista en planta.

## Abstract

The cave's representation by Digital Terrain Models based on triangulated irregular networks (TIN) is problematic because this methodology uses the Delaunay's triangulation Technique.

The Delaunay's triangulation technique makes a triangular network joining points where planimetric situation is the nearest in order to form the most regular network. This algorithm in caves and

tunnels can generate triangles with points of similar planimetric coordinates but very different height.

This paper shows a methodology and the necessary algorithms to generate Digital Terrain Models without the limits of the Delaunay technique. Taking transversal section in very significant points, this methodology generates a 3D model in a recursive process through a triangulation between sections.

The last part of this paper has some examples made by the proposed algorithms and methodology with a developed computer tool.

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la cartografía subterránea se ha visto limitado por las condiciones adversas que se pueden encontrar bajo tierra; unas de carácter físico como acceso difícil, escasa iluminación, alta humedad, y otras de carácter técnico que se han ido solucionando a medida que se ha desarrollado una instrumentación y metodologías más específicas.

Durante los últimos años, ha surgido la necesidad de crear modelos digitales tridimensionales subterráneos para su utilización en diversas aplicaciones. La precisión de los modelos digitales dependerá del tipo de aplicación en la que se implemente y de la instrumentación utilizada para tal fin.

Las estructuras más utilizadas en la generación de modelos digitales de elevaciones (MDE) son las estructuras tipo malla (grid) y estructuras tipo TIN (Triangulated Irregular Network). De estas dos tipologías, las que mejor se adaptan a cuevas y túneles son las estructuras tipo TIN, ya que poseen las siguientes características:

1. Son adecuadas para superficies con diferentes niveles de resolución, ya que el número de puntos para la representación de la superficie es función del relieve.
2. Se pueden añadir líneas de rotura para poder representar elementos característicos tales como vaguadas, divisorias, taludes, etc.

La realización de estructuras de malla triangular se basa en el criterio de Delaunay. Esta técnica es adecuada para terrenos, pero presenta problemas cuando se aplica a cuevas o zonas con fuerte relieve. Una de las posibles soluciones a este problema se ha conseguido empleando técnicas consistentes en dividir la superficie a representar en subdominios y realizando abatimientos y desabatimientos

de planos en las zonas donde se presentan estos problemas.

## 2. MODELOS DIGITALES PARA CUEVAS Y TÚNELES EN LA ACTUALIDAD

Los MDE son utilizados para la representación tridimensional de superficies, obteniendo valores  $(x,y,z)$  en cada punto, en los que la variable  $z$  representa la altura (Modelos Digitales del Terreno).

Los datos para la realización de los MDT proceden fundamentalmente de cuatro fuentes:

1. Topografía clásica.
2. Fotogrametría.
3. Digitalización de cartografía analógica.
4. Mediante sensores tipo radar, láser o sónar.

Los puntos obtenidos han de representar el terreno, definiendo una serie de características claves tales como: vaguadas, divisorias, pies y cabezas de taludes, etc.

Cuando se trabaja con MDT se presentan dos cuestiones importantes:

- Es necesario discretizar la superficie, para ello se han de tener en cuenta dos hechos significativos: el relieve y la resolución del modelo que dependerá implícitamente de la escala.
- La obtención de la altura de un punto mediante la utilización de algoritmos de interpolación.

Realmente habría que hablar de la generación de modelos en dos dimensiones y media, porque en la representación de fenómenos naturales tales como acantilados, fallas, cuevas y túneles, está limitada debido a que no puede haber puntos con coordenadas planimétricas parecidas y elevaciones muy dispares. Este hecho podría producir la generación de triángulos

en los que los vértices sean muy próximos en el plano horizontal pero no así en el espacio.

Las limitaciones son inherentes a la metodología utilizada para la obtención de la malla de triángulos que se realiza mediante la técnica de Delaunay. Esta técnica consigue que la malla de triángulos que se genera sea lo más regular posible, cumpliendo la propiedad del círculo vacío que consiste en definir triángulos cuyas circunferencias circunscritas no contienen a ningún otro vértice de la red. Esta metodología presenta las siguientes ventajas:

- La triangulación realizada es la más regular posible.
- La red es independiente del número de puntos procesados.

Sin embargo también presenta una serie de problemas cuando:

- Está definida para un conjunto de puntos de diferente naturaleza.
- Tres puntos son colineales.
- Cuatro o más puntos con concíclicos.
- Existen puntos cercanos planimétricos y diferencias de cota dispares, por ejemplo en zonas de acantilados, fallas, cuevas, etc...

Una solución al problema descrito [7] es la división de la zona a representar. Por un lado se tratan el suelo y el techo, y por otro las paredes. El suelo y techo pueden ser estudiados como una superficie cualquiera, mientras que para los laterales o astiales es necesario abatir los planos, realizar la triangulación y posteriormente desabatirlos. La utilización de esta metodología presenta los siguientes inconvenientes:

- Es difícil determinar la línea de rotura para dividir las distintas superficies.
- Posteriormente a la toma de datos hay que aplicar un filtro a los puntos para saber en qué superficie se en-

cuentra cada uno.

- Hay que realizar abatimientos y desabatimientos de los planos.
- Es necesario realizar las uniones de las distintas superficies.

A continuación se expone el desarrollo de una metodología que soluciona algunos de los problemas expuestos anteriormente en zonas subterráneas.

### 3. METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE UN MODELO TRIDIMENSIONAL EN CUEVAS Y TÚNELES

Para la generación de un modelo tridimensional de una cueva o túnel se propone una metodología que consta de los siguientes pasos:

1. Elección de la instrumentación.
2. Toma de datos y tratamiento.
3. Generación del modelo tridimensional con una triangulación espacial mediante el algoritmo propuesto.

#### 3.1. Elección de la instrumentación

La instrumentación elegida para la toma de datos debe considerar tanto la aplicación en la que se utilizará el modelo, como la precisión necesaria para la determinación del MDE. Los factores que pueden influir en la elección de la instrumentación son los siguientes:

- Características físicas del modelo a generar.
- Precisión requerida en el trabajo.
- Tiempo de ejecución.
- Costes e instrumentación disponible.

La instrumentación que habitualmente se utiliza es la estación total de medición sin prisma, la fotogrametría terrestre (de eje paralelo y eje convergente) y los escáner láser.

#### 3.2. Toma de datos y tratamiento

En este tipo de trabajos las metodologías más utilizadas para la toma de datos son:

- Radiación de puntos con estaciones totales, tomando secciones transversales y estacionando en el eje o

desde puntos exteriores al mismo con materialización previa de la sección. Esta metodología de toma de datos debe utilizarse en zonas que no requieran una gran densidad de puntos y alta precisión.

- Fotogrametría terrestre empleando técnicas de visión estereoscópica o monoscópica. Esta metodología se suele emplear para obtener detalles en unas determinadas zonas.

- Escáner láser como posible alternativa a la toma de datos mediante fotogrametría. Esta es una técnica en desarrollo y poco utilizada actualmente.

La toma de datos se realizará con la instrumentación y metodología adecuada, en función del trabajo a realizar definiendo una directriz a lo largo de la oquedad. Esta directriz está formada por los puntos desde donde se

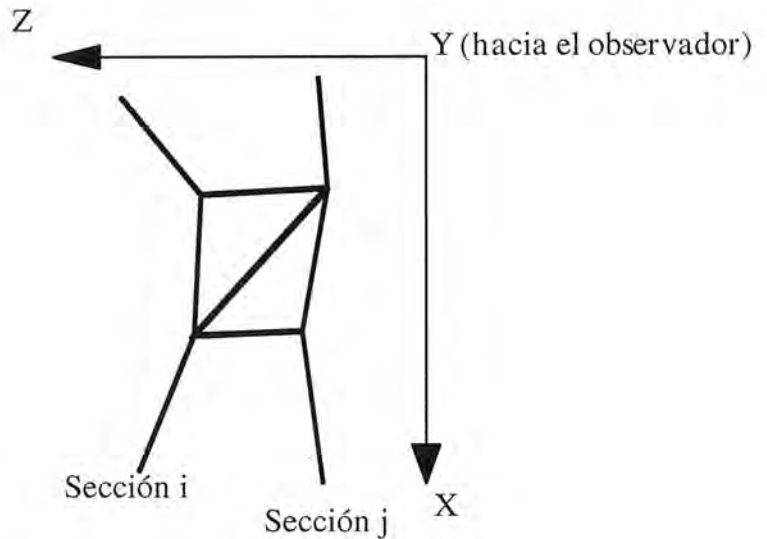


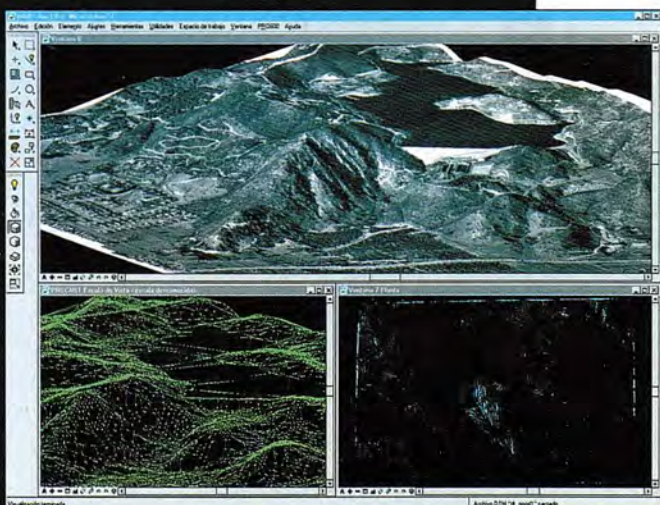
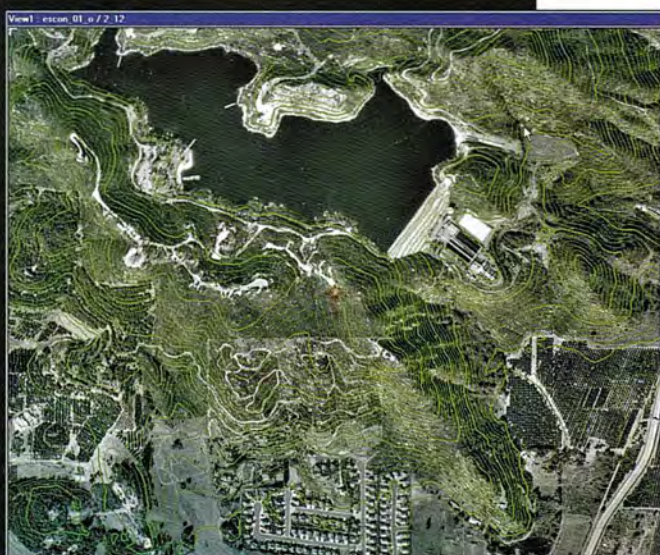
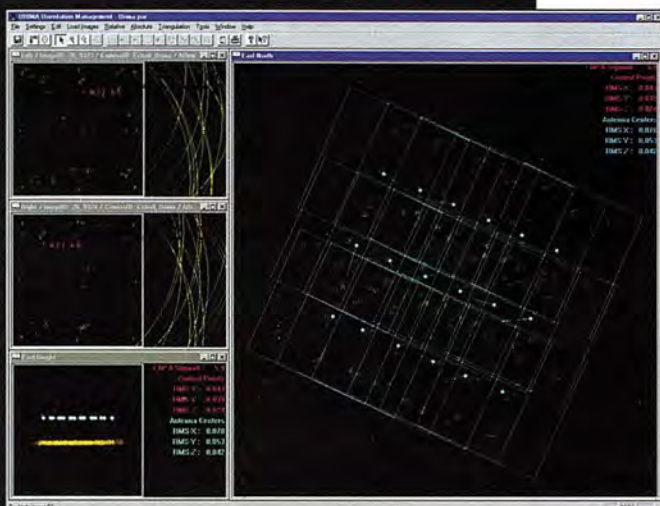
Figura 2. Secciones no coplanarias.

<u>Nº Sección</u>	<u>Coordenada X</u>	<u>Coordenada Y</u>	<u>Coordenada Z</u>
1	407.281	398.234	20.000
1	405.345	397.124	20.000
...	...	...	...
2	399.223	396.567	25.000
...	...	...	...
i	xx.xxx	yy.yyy	zz.zzz

Figura 3. Formato de entrada de datos en el programa.

# LH Systems SOCET SET®

## Máxima productividad en fotogrametría



El software **SOCET SET** de LH Systems le permite configurar la estación fotogramétrica digital a la medida de sus necesidades.

- Correlación automática de imagen en todos los módulos.
- Aerotriangulación automática: Medición de puntos de paso totalmente desasistida.
- Ajuste de bloques por haces y GPS/INS con **ORIMA** sin límite de imágenes.
- Extracción automática de MDT de cualquier número de modelos.
- Generación automatizada de mosaicos.
- Ajuste radiométrico, mosaicos uniformes en contraste y color.
- Visualización estereoscópica pasiva o activa.

### PRO600

- Conexión directa con MicroStation®.
- Restitución con **TopoMouse 3D** o manivelas.
- Extracción de MDT manual y/o asistida por correlación.
- Perspectivas y animaciones.



### LH Systems Imaging, S.L.

General Díaz Porlier, 18 - 28001 Madrid  
Telf. (+34) 915 766 579 - Fax (+34) 915 764 408



[www.lh-systems.com](http://www.lh-systems.com)

e-mail: [info@lh-systems.com](mailto:info@lh-systems.com)

**Soluciones en fotogrametría**



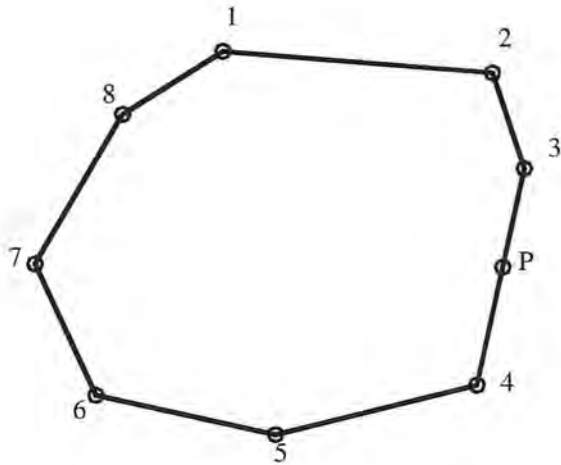


Figura 4. Proceso de inserción de un nuevo punto en la sección.

observarán las distintas secciones, siendo éstos los lugares donde se producen cambios significativos del terreno.

Durante el proceso de toma de datos los puntos que definen las secciones se han de observar con los siguientes criterios:

1. Es necesario que los puntos de cada sección sean capturados en orden correlativo y en el sentido de las agujas del reloj, sin necesidad de empezar en un punto en concreto. De esta manera no existirán ambigüedades en la unión de las secciones y el programa de cálculo y dibujo podrá trabajar automáticamente.
2. Los puntos de cada sección han de ser aproximadamente coplanarios. Esto supone una gran ventaja ya que flexibiliza la toma de datos, no siendo necesario materializar la sección plana. Será necesario tener especial cuidado con el cumplimiento de esta propiedad cuando las secciones sean muy próximas para que a la hora de la realización del dibujo no se produzcan cruces entre las secciones.
3. Las secciones han de tener el mismo número de puntos. Esta circunstancia presenta dos inconvenientes: uno en la toma de datos en campo y otro, que no todas las secciones se pueden representar

con el mismo número de puntos. La solución consiste en tomar los puntos más representativos que definen cada sección y, posteriormente, mediante una aplicación informática igualar el número de puntos, bien eliminando los excedentes o interpolando para obtener un número mayor.

El fichero de toma de datos ha de tener un formato adecuado para poder ser tratado con la aplicación desarrollada en VisualBasic. El fichero de datos será un archivo ASCII que presentará cuatro columnas separadas por blancos. Estas columnas contienen el número de sección a la que

pertenece el punto y las coordenadas x, y, z de cada uno.

Para que exista una continuidad en el modelo tridimensional, como se ha expuesto anteriormente, es necesario que todas las secciones tengan el mismo número de puntos. Para garantizar que se cumple esta propiedad se ha desarrollado un algoritmo que añade puntos en las secciones.

El algoritmo realiza los siguientes procesos:

1. Analiza cual es la sección que más puntos contiene y éste será el número de puntos total.
2. Comenzando en el primer punto de la sección se calculan las distancias euclídeas entre cada dos puntos consecutivos de las mismas. Se almacenan en memoria las «n» distancias mayores que coinciden con el número de puntos a interpolar.
3. En cada uno de los segmentos memorizados se interpolan los puntos medios de cada segmento.

El siguiente paso consiste en realizar una reordenación de todos los puntos de las secciones. Para ello se toma como punto de partida la primera sección y se produce una re-

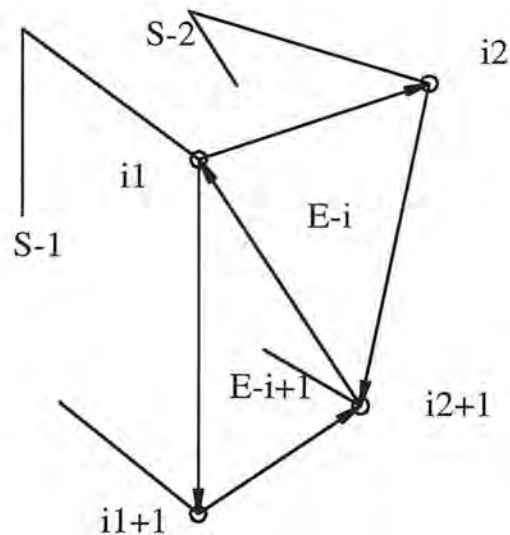


Figura 5. Esquema de triangulación espacial.

ordenación de los puntos en las siguientes secciones. El criterio para la reordenación de los puntos consiste en comenzar en el primer punto de la sección 'nsec-1' tomada en la cueva, se busca el punto de la sección 'nsec' más cercano, en términos de distancia euclídea, y a partir de este punto se vuelven a ordenar todos los demás aplicando el siguiente criterio: si el punto más cercano de la sección 'nsec' es el que ocupa la posición 'i', se cumplirá que:

**Posición del punto**

- i
- i+1
- ...
- n
- 1
- 2
- ...
- i-1

**Posición final**

- 1
- 2
- ...
- i
- i+1
- i+2
- ...
- n

De esta forma, al final del proceso cada sección comienza en el punto más cercano al primer punto de la sección anterior. Evidentemente, la primera sección no es necesario que esté ordenada, siendo su primer punto la referencia de todas las demás.

**3.3 Triangulación Espacial**

Una vez concluido el proceso de tratamiento de datos, el siguiente paso es la generación de una malla tridimensional formada por una red irregular de triángulos que unen las distintas secciones.

Los vértices de cada triángulo formado pertenecen a dos secciones con-

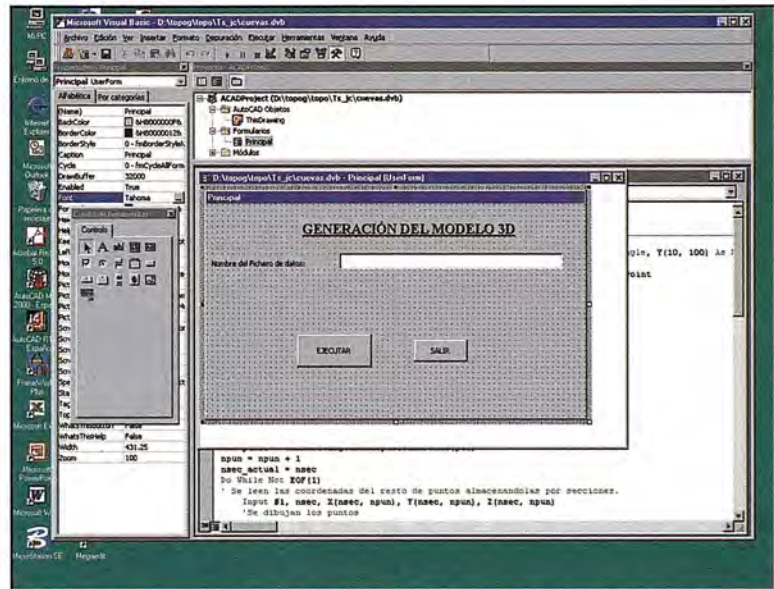


Figura 6. Pantalla del programa de generación del modelo 3D.

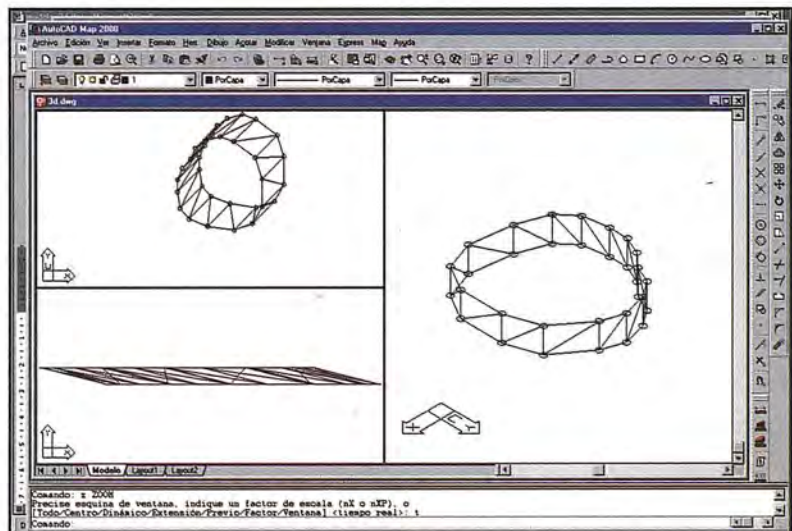


Figura 7. Modelo de dos secciones con 16 puntos cada una.

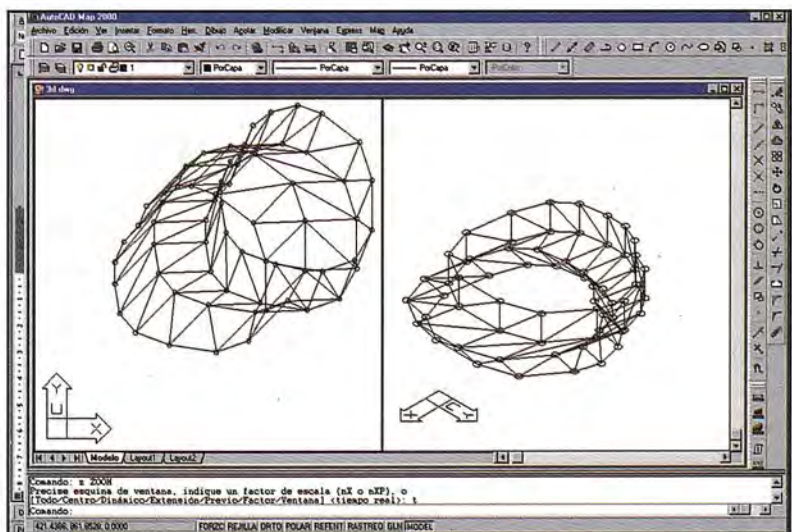


Figura 8. Modelo de cuatro secciones con 16 puntos cada una.

secutivas del modelo. Para la generación de los triángulos que unen las secciones se aplica el siguiente algoritmo de triangulación espacial:

Paso i:

Elemento E-i

$i1 \rightarrow i2$

$i2 \rightarrow i2+1$

$i2+1 \rightarrow i1$

Elemento E-i+1

$i1 \rightarrow i1+1$

$i1+1 \rightarrow i2+1$

$i2+1 \rightarrow i1$

Paso i+1:

Elemento E-i+2

$i1+1 \rightarrow i2+1$

$i2+1 \rightarrow i2+2$

$i2+2 \rightarrow i1+1$

Elemento E-i+3

$i1+1 \rightarrow i1+2$

$i1+2 \rightarrow i2+2$

$i2+2 \rightarrow i1+1$

y así sucesivamente hasta alcanzar el último elemento.

## 4. Conclusiones

Mediante la metodología expuesta anteriormente para la realización de modelos tridimensionales, se llega a las siguientes conclusiones:

- La utilización de esta metodología supone una ventaja considerable en la toma de datos, ya que no es necesario que las secciones sean coplanarias, únicamente es necesario garantizar que las desviaciones no sean superiores a la separación entre secciones. Esta circunstancia permite que en algunos casos no se requiera materializar la sección, únicamente hay que tomar los puntos de tal manera

que se encuentren situados, aproximadamente en un plano.

- Es un método idóneo para el cálculo de cubicaciones en túneles, pudiendo determinar la sección en cualquier lugar realizando la intersección de un plano con el modelo.
- Posibilidad de inserción de líneas de rotura en cualquier posición.
- Posibilidad de densificación del modelo en cualquier zona sin más que definir nuevas secciones intermedias.
- El modelo se puede guardar en formato DWG o DXF con la posibilidad de exportar a otros programas de diseño y animación en 3D, con la posibilidad de realizar recorridos virtuales.
- Aplicación en los campos de la ingeniería civil, arqueología y conservación del patrimonio, espeleología y estudios biológicos, geológicos, etc.

## 5. Ejemplos

En la página anterior se muestran dos ejemplos, uno con dos secciones y el segundo con cuatro secciones que han sido realizados con un programa desarrollado en VisualBasic sobre AUTOCAD2000(r). En los ejemplos se pueden observar los MDT desde distintos puntos de vista.

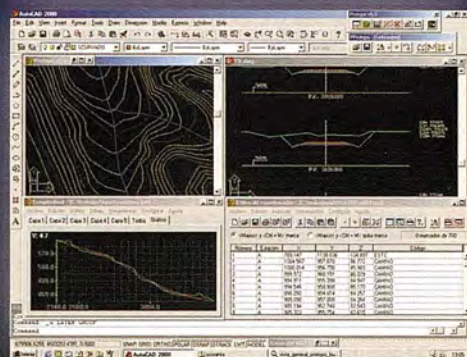
## Bibliografía

- [1] Caracuel, J.E.; Cardenal, J; y otros (2000): «Ensayo de técnicas microtopográficas para la caracterización morfométrica en endokarst (Cueva del Agua, Iznalloz). VII Congreso de Topografía y Cartografía: 183-191 pp.
- [2] Figuerira González, J.R.; Pérez Álvarez, J.A.; Ballell Caballero, J.A. (2000): «Estudio comparado para la determinación de la sección de un túnel por fotogrametría y por topografía clásica». VII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía: 192-204 pp.
- [3] Instituto Geográfico Nacional (2001): «Trabajos topográficos en la cueva de Altamira». Boletín Informativo, Abril-Junio 2001.
- [4] Martínez Marín, R. (2000): «Generación automática de una malla triangular». Mapping, Noviembre 2000.
- [5] Martínez Marín, R.; González Gámez, F.; Gordo Murillo, C. (2001): «Análisis de las metodologías habituales para la generación de Modelos Digitales del Terreno». Mapping Julio 2001. 86-92 pp.
- [6] Naser El-Sheimy (1999): «Digital Terrain Modelling». Course at the Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, Septiembre 1999
- [7] Pascual Sanz, F.; Mañero García, A; de José Fernandez, J.; Piña Patón, B. (2000): «Trabajos topográficos y fotogramétricos en la Cueva de Altamira». VII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía: 409-416 pp.
- [8] Petri G., Kenni T.J.M. (1990): «Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering». Whittles Publishing.
- [9] Peucker, T.K. (1978): «Data structures for digital terrain models - discussion and comparison». in Dutton, G. (ed), Harvard Papers on Geographic Information Systems.
- [10] Peucker, T.K.; Fowler, R.J.; Little, J.J.; Mark, D.M. (1978): «The triangulated irregular network». Proceedings of the ASP Digital Terrain Models (DTM) Symposium. American Society of Photogrammetry. Falls Church, Virginia. 516-540 pp.
- [11] Richards, J.M.: «Carlsbad cavern exploration update». <http://www.caver.net.caca13.htm>
- [12] Tapia González, A. (1997): «Topografía subterránea». Editorial Universidad Politécnica de Cataluña.

Software Técnico de Cálculo Topográfico, Diseño y Proyectos en Entorno Autocad

# DINAMISMO EN AUTOCAD

# PROTOPO



## Módulo 1

Editor de Coordenadas

Modelo Digital del Terreno y Curvado.

**Nuevo** Cálculo de volumen entre Modelos.

**Nuevo** Cálculo Topográfico, Radiaciones, Poligonales, Redes.

autodesk  
authorized developer

## Módulo 2 (Incluye módulo 1)

Perfiles Longitudinales.

Perfiles Transversales. Volúmenes.

**Nuevo** Diseño de Transversales.

**Nuevo** Listado Volúmenes (Especial Viales).

autodesk



## Módulo 3 (Programa Completo)

Trazado en Planta.

Sección Tipo

Enlace entre Ejes.

**Nuevas** Herramientas de Ayuda al Trazado.

**Nuevas** Aplicaciones. Aprovechamiento de Firmes, Túneles.

BUILT WITH  
ObjectARX™



## GPSAT

Programa integrado en Autocad para posicionamiento, registro y replanteo con GPS y/o Sonda.

Topografía y Batimetrías:

Dibujo de Cualquier Entidad de Autocad con posición GPS.

Cálculo de parámetros de transformación Helmert 2D, 3D

Nuevas Pantallas de Captura, Replanteo y Rumbos.

## PROCAD

Potente y fácil programa de diseño asistido CAD para las libretas Pocket PC.

Incluye múltiples funciones de dibujo, edición, organización por capas, colores, DXF, georeferenciación de imágenes Raster...

## PROSAT

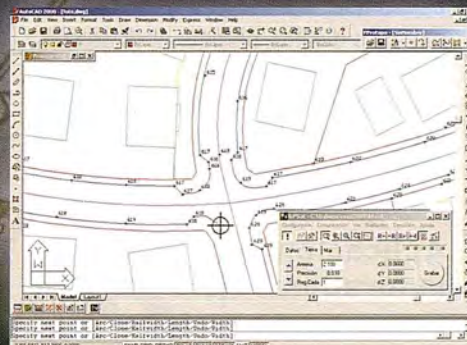
Programa integrado en ProCad, que permite la recepción de mensajes del GPS con la consiguiente Navegación sobre imágenes escaneadas o ficheros de Autocad, permitiendo registro, replanteo, dibujo de cartografía, batimetrías, rutas...

## GRATIS

- \* Herramienta PPROTOPO para Cartografía. Punto-GIS, Curva de Nivel.
- \* PROCAD.
- \* PROLINK.

## TECNOLOGÍA

Protopto 5.5 está desarrollado en VisualC++ (no en LISP ni ADS) usando controles ActiveX para mejorar la productividad, y conseguir una presentación más próxima a Windows, con pantallas dimensionables, dinámicas y con alta velocidad (Triangulación de 90.000 puntos en menos 24sg). Funciona como aplicación integrada en Autocad realizada en el mismo lenguaje que este. (Object, ARX, MFC).



C/ Jacometrezo, 15 - 4º  
28013 Madrid

TLF: 915422471\* - FAX: 91 5471457

www.microgesa.es info@microgesa.es



# Noticias

## **Cartografía interactiva sobre Java con Autodesk y Oracle**

### **La integración de Autodesk MapGuide y Oracle9i Application Server facilita una rápida implantación de aplicaciones cartográficas interactivas sobre Java**

Autodesk, líder mundial en soluciones de diseño por ordenador y contenidos digitales, acaba de anunciar que Autodesk MapGuide ha obtenido la certificación para soportar Oracle9i Application Server. Su combinación facilitará a las empresas el desarrollo de aplicaciones Java personalizadas que, además de gestionar los datos de diseño, permite abrir nuevas líneas de negocio tales como servicios personalizados de atención al cliente, trabajo compartido a través de la red y gestión externa de servicios.

### **Aplicaciones innovadoras para los datos geoespaciales**

Muchas compañías han realizado importantes inversiones para crear datos geoespaciales. Distribuir dicha información entre todo tipo de usuarios, sin necesidad de conocimientos técnicos previos, es esencial para aprovechar todo su valor. Con Autodesk MapGuide como plataforma de desarrollo y diseño y las capacidades de distribución de datos de Oracle9i Application Server, dichas empresas pueden desarrollar aplicaciones personalizadas y escalables basadas en Java o XML, incluyendo soluciones de gestión y seguridad. De esta forma, los datos geoespaciales que se almacenan en distintos lugares y formatos se pueden recopilar con rapidez y ser

presentados en una solución fácil para cualquier usuario.

«Por cada empresa o institución que crea información geográfica existe un gran número potencial de usuarios que podrían aprovechar esta información,» señala Larry Diamond, Vicepresidente de la División de Soluciones GIS de Autodesk, «con una herramienta intuitiva y gráfica como Autodesk MapGuide y las capacidades de acceso de Oracle9i Application Server, los usuarios podrán acceder rápidamente a estos datos para mejorar la eficacia de sus operaciones de negocio.»

«Sacar partido a las inversiones realizadas en la recogida y almacenamiento de datos geoespaciales es posible gracias a la conjunción de Autodesk MapGuide y Oracle9i Application Server que permiten distribuir rápidamente los datos a cualquier usuario tanto entre los empleados de una misma empresa, como a, clientes o colaboradores externos» asegura Thomas Kurian, Vicepresidente de Oracle9i ASS de Oracle.

### **Oracle9i Application Server**

Oracle integra productos fragmentados de middleware para poner en marcha aplicaciones e-business, brindando una única solución que sustituye a más de 12 productos específicos de otros fabricantes. Oracle9i Application Server ofrece en un único paquete soporte para J2EE y XML, software integrado para portales empresariales, caching de alta velocidad, business intelligence, rápido desarrollo de aplicaciones, integración de soluciones y negocios, servicios web, etc. Gracias al sencillo motor J2EE de Oracle y a sus capacidades ampliables de caching, las empresas pueden ahorrar en costes de infraestructura potenciando el desarrollo de su software.

### **Autodesk MapGuide**

Esta solución ayuda a las empresas a desarrollar, gestionar, mantener e implementar aplicaciones basadas en GIS (Sistemas de Información Geográfica) y datos digitales de diseño en Internet, intranets, extranets o sobre el terreno. El potente software de Autodesk MapGuide y su tecnología cliente/servidor, fácil de implementar, reúne datos espaciales y asociados procedentes de múltiples fuentes y los distribuye en tiempo real allí donde se necesitan vía Internet a miles de usuarios simultáneos dentro y fuera de la organización.

### **PRODUZCA MEJORES MAPAS UTILIZANDO DATOS GIS**

MAPublisher(r) es un potente programa de producción cartográfica que aprovecha las importantes características gráficas de los sistemas Adobe Illustrator y Macromedia Freehand (sistemas operativos Windows ó MAC) para la obtención de documentos cartográficos de alta calidad utilizando datos GIS.

Permite la importación de datos de ArcView, ArcInfo, MapInfo y otras fuentes GIS con todos los atributos y enlaces para georreferenciación totalmente editables y sin ninguna modificación. Permite el cambio de proyecciones y escalas, la rotulación y producción de leyendas en forma automática así como el registro de imágenes ráster también de forma automática. Es una herramienta especialmente adecuada en la producción cartográfica para impresión o uso en Internet.

Con objeto de poder verificar que el programa Mapublisher es especialmente adecuado para sus fines, se ofrece gratuitamente un CDROM con el programa Mapublisher con duración limitada.

# Introducción a los Sistemas de Medición Tridimensional con Laser



Francisco José Escarpa Sánchez-Garnica.  
Ingeniero Técnico Agrícola de Santiago & Cintra Ibérica S.A.

## Introducción

Aunque conocidos desde hace tiempo, los sistemas de medición 3D han debido esperar para su generalización a que se produjeran notables avances en la electrónica de medida y en la capacidad de cálculo de los ordenadores de escritorio para popularizar sus excelencias. Antes herramientas reservadas a entornos industriales muy técnicos, estos sistemas comienzan a hacerse visibles como alternativa a métodos de topografía clásicos.

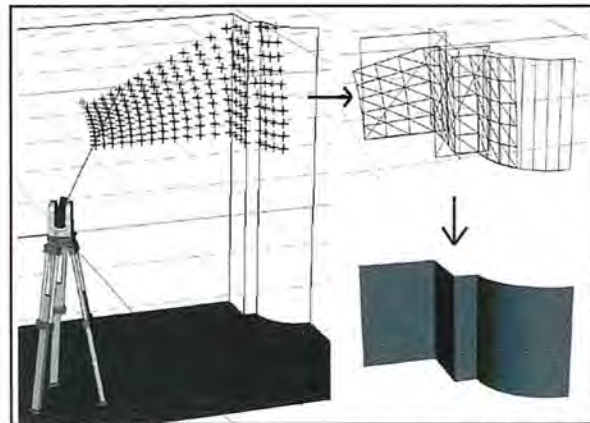


Imagen 1: Proceso de obtención y análisis del blanco estudiado.

## Métodos de medición

Los sistemas de medición láser 3D se dividen en dos grupos, atendiendo al sistema utilizado para la medida de distancias. El primer grupo utiliza técnicas indirectas: Un haz láser fuertemente colimado recorre el blanco; una cámara sigue los movimientos del haz sobre el modelo y calcula la paralaje en cada punto, obteniendo así la distancia al escáner. Se obtienen precisiones de medida de décimas de milímetro, a costa de sacrificar el alcance que, en la mayoría de los casos, oscila entre algunos centímetros y 2-4 metros.

El segundo grupo se basa en sistemas directos de medida; la mayor parte de ellos utilizan distanciómetros basados en el «tiempo de vuelo» de un pulso de luz emitido por un láser que es reflejado al incidir sobre el blanco. Determinando el retardo entre la emisión y la recepción de la señal, calculamos la distancia al blanco. Con éste procedimiento se obtienen alcances típicos de 100 metros y precisiones de 3 a 10 mm.

Esencialmente, la mayoría de los sistemas de medición láser 3D basados en tiempo de vuelo son equiparables

a un teodolito motorizado con medida de distancias sin prisma; el equipo realiza un barrido automático, midiendo distancias según un patrón previamente determinado. Unos codificadores determinan los ángulos horizontal y vertical de proyección del pulso. Con éstos elementos más la distancia obtenida, determinamos las coordenadas espaciales de cada punto. El ángulo de apertura del haz emitido determina la

resolución espacial de la exploración. (figura 1).

Es posible capturar cualquier objeto mediante exploración con láser. La gran ventaja que presenta éste sistema consiste en que, mediante un proceso automático y sin pasos intermedios, obtenemos un modelo de dimensiones reales, sobre el que podemos trabajar de inmediato.



Imagen 2: El sistema CALLIDUS 1.1.

El tratamiento de la nube de puntos no estructurada permite la obtención de las características geométricas que definen el modelo.

El proceso posterior vendrá impuesto por las necesidades del trabajo. Así, puede que sea suficiente extraer geometrías elementales, o ninguna geometría, o podamos necesitar un modelo tridimensional completo.

## Ventajas de los sistemas LMS

En primer lugar, hemos de destacar la rapidez en la toma de datos. Con el sistema Callidus, por ejemplo, se obtienen levantamientos de más de un millón de puntos en aproximadamente 10 minutos. Esto supone que, por ejemplo, el levantamiento completo de una estación de metro (130x30x15 metros) puede hacerse en menos de dos horas. El mismo trabajo para una estación robotizada con medición sin prisma, ocuparía un día completo. Se obtienen rendimientos de 120 metros/hora en túneles en condiciones normales de trabajo, siempre con precisiones milimétricas. Y típicamente con un solo operario.

Además la configuración mecánica permite trabajar en zonas de difícil acceso (pozos, silos), o con limitaciones de permanencia (presencia de radiaciones ionizantes o ambientes tóxicos), donde hacer el levantamiento por métodos clásicos puede resultar inviable.

La cantidad de información obtenida en un levantamiento, permite una documentación exhaustiva. No hace falta volver a la zona analizada a realizar mediciones adicionales, lo que evita las incertidumbres y malas interpretaciones asociadas a la escasez de datos.

Por otro lado, el procesamiento ulterior puede ser muy reducido, según el trabajo a desarrollar. Por ejemplo, la reconstrucción de una planta de oficinas de unos 400 m<sup>2</sup> puede suponer sólo una hora de trabajo.

## El sistema de medida CALLIDUS

Desarrollado por la empresa Callidus Precision Systems, en Halle, Alemania, los primeros prototipos aparecieron en el mercado el año 1999. El modelo actualmente en servicio es el 1.1. El sistema de medición tridimensional CALLIDUS posee por tanto madurez en el mercado y una serie de características particulares que lo hacen muy atractivo de cara a los trabajos de toma de datos 3D.

El sistema se compone de tres partes: El sensor de medida, el ordenador de control y el programa de tratamiento de datos.

**El sensor de medida:** Contiene el distanciómetro láser, de tipo infrarrojo clase I (inocuo para la vista) basado en tiempo de vuelo, una cámara CCD de alta resolución, que proporciona imágenes a color a partir de 4 lux, un sensor de verticalidad, que permite compensar inclinaciones de hasta 6° y una brújula electrónica. El área analizada cubre un sector de 360° en horizontal y 150° en vertical desde el zenit.

El sensor puede emplazarse invertido («cabeza abajo») mediante un adaptador al efecto para toma de datos en sitios de difícil acceso (pozos, silos, chimeneas), o donde el objetivo de interés está en el suelo (yacimientos arqueológicos...). Está catalogado como IP-52, permitiendo su uso en ambientes moderadamente agresivos.

Por definición, la nube de puntos capturados tiene como origen el centro de rotación, y está orientada respecto al norte magnético. Es posible obtener las coordenadas del equipo meditante el uso de un adaptador incorporado que permite fijar un prisma o antena GPS, hay que colocar además una referencia con un prisma topográfico dentro del alcance del láser. El software de control localizará el prisma, realizará una observación precisa sobre él, y quedará registrado para su uso posterior.

**El Ordenador de control:** Es un PC portátil de tipo industrial, fuertemente pro-

tegido contra entornos agresivos (IP-52, resiste polvo en suspensión y salpicaduras), capaz de aguantar impactos de 10G en operación, en el que reside el programa de control del escáner. Equipado con un sistema operativo Windows (98, 2000), cuenta con la ventaja de un entorno de trabajo familiar. El ordenador viene provisto de un conjunto de puertos de comunicaciones estándar (USB, Ethernet, RS 422), para una fácil transmisión de los datos a una estación de trabajo para su proceso posterior. La alimentación eléctrica proviene de una fuente de 220V CA o a una batería externa de 12V durante la fase de exploración. No obstante el controlador contiene un juego de baterías que permiten finalizar un barido si la fuente externa fallase. La conexión del ordenador con el sensor de medida se realiza mediante un cable especial, de 10 o 25 metros de longitud, que le provee de la alimentación eléctrica y el interfaz de datos.

El software LMS, alojado en el controlador, permite el diagnóstico y el control del flujo de trabajo. Permite el establecimiento de los parámetros operativos, así como la corrección sobre la marcha del trabajo en curso (repetición de zonas ya exploradas, de fotogramas de la cámara CCD).

**El software de proceso:** Tan importante como la propia toma de datos, es su procesamiento posterior. Como ya comentamos anteriormente, el resultado de la exploración es un conjunto de alrededor de un millón de puntos individuales, que han de ser asignados a los diferentes componentes geométricos del objeto analizado. Hay que advertir que éste proceso es fundamentalmente manual, aunque hay tiene una serie de utilidades que facilitan la identificación y asignación de los puntos.

*3D extractor* (Imagen 4) es una potente aplicación que permite el manejo de una manera muy intuitiva de grandes masas de puntos, la integración de varias tomas, y la extracción de información para su posterior uso en paquetes CAD. Se compone de varios módulos. El primero de ellos permite el tratamiento y procesado de los le-



**Imagen 3: 3D Extractor. Estación de metrosur (Loranca).**

ca de superficie, dimensiones, materiales ..., que puede ser exportado a una hoja de cálculo o base de datos.

## Aplicaciones

Como ya indicamos al principio, es difícil no encontrar aplicaciones a esta clase de sistemas. Aquí nos centraremos en alguna aplicación concreta en la que éstos sistemas están ya operando a pleno rendimiento. Hay que destacar aquí que una característica sobresaliente de Callidus es que cubre un sector esférico de 360 x 150 grados, por lo que, para un determinado objetivo, se necesitan menos exploraciones que con otros sistemas, de mucha menor cobertura.

### Ejemplo 1: Obra subterránea

El levantamiento de galerías y túneles siempre es una labor lenta y dificultosa, incluso con las estaciones totales robotizadas actuales. El sistema **CALLIDUS** ofrece la gran ventaja de la rapidez y seguridad. No hace falta estar junto al equipo durante el trabajo, y se obtienen unos rendimien-

vantamientos individuales, generación de superficies y exportación/importación de elementos. Soporta los formatos gráficos DXF y SAT, y formatos de texto plano con coordenadas x y z.

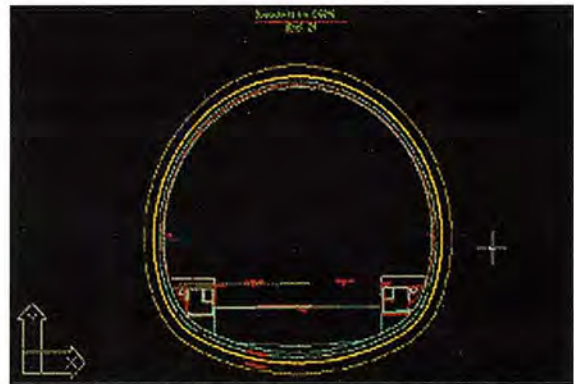
El segundo módulo, Local into Global, permite la integración de varios trabajos en un sistema de coordenadas común, bien analizando la nube de

puntos y localizando tres planos concurrentes en cada barrido, o bien a través de la asignación de coordenadas externas al sensor.

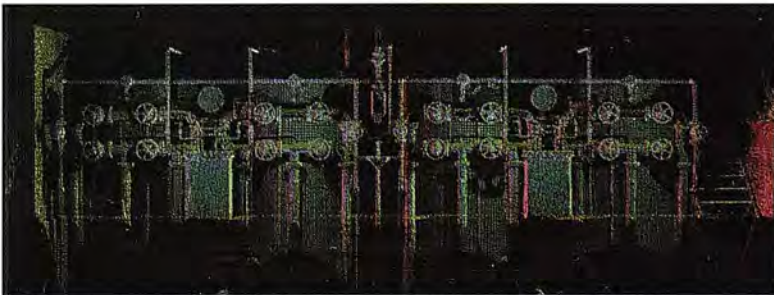
El tercer módulo, Face List, está pensado originalmente para aplicaciones arquitectónicas, y permite obtener una relación de los elementos geométricos obtenidos a partir de la nube de puntos, con información acer-



**Imagen 4: Nube de puntos.**



**Imagen 5: Sección teórica con el perfil real.**



**Imagen 6: Planta potabilizadora.**



**Imagen 7: Detalles.**

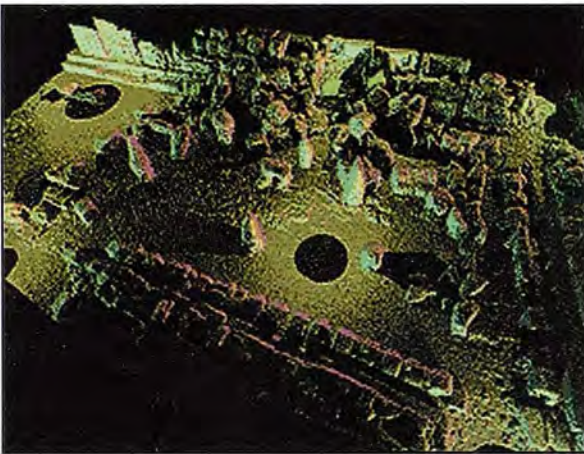




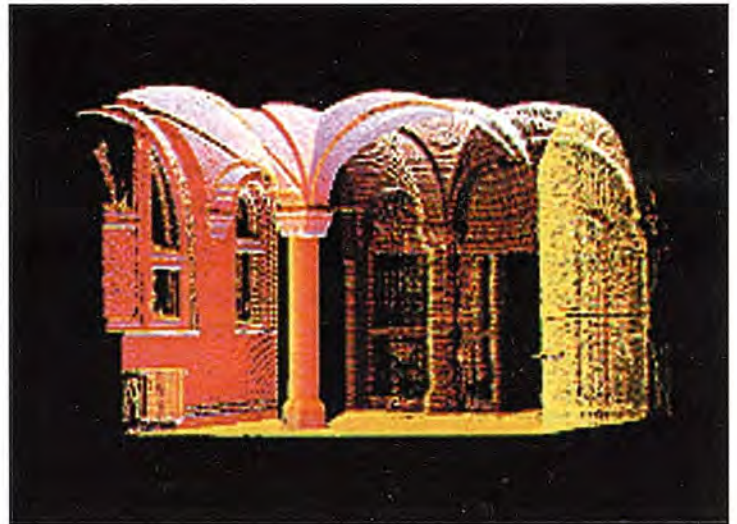
**Imagen 8: Levantamiento en sótano con daños estructurales.**



**Imagen 9: Documentación de daños.**



**Imagen 10: Ruinas de Nemrud (Turquía)- combinación de 6 barridos.**



**Imagen 11: Interior de capilla (Inglaterra).**

tos de unos 40 m. de tunel por cada puesta (unos 15 min.). Se puede levantar la zona del frente de ataque sin interferir con los procesos de producción. El software de proceso 3D extractor permite exportar los datos obtenidos bien como una sucesión de perfiles, o como una nube de puntos que se puede procesar para obtener un modelo digital.

#### *Ejemplo 2: Instalaciones industriales*

La documentación geométrica de instalaciones industriales presenta gran-

des dificultades debido a la presencia de numerosos obstáculos que entorpecen las visuales en topografía clásica, así como la propia inaccesibilidad de conducciones, depósitos ... La rapidez en la toma de datos permite acumular información suficiente pese a la dificultad del entorno.

#### *Ejemplo 3: Arquitectura*

La ejecución de planos «as built» en arquitectura y restauración encuentra una de las aplicaciones más comunes de los sistemas LMS. La in-

formación adicional que proporciona la cámara CCD incorporada permite una documentación completa de los elementos a intervenir, facilitando la redacción de proyectos.

#### *Ejemplo 4: Arqueología y Patrimonio*

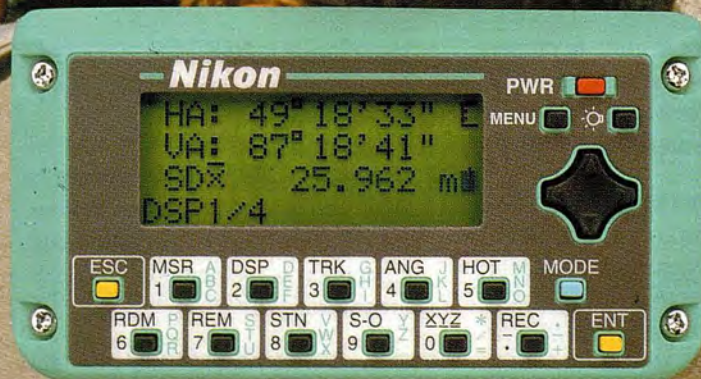
La combinación de los datos 3D con las imágenes permite una documentación exhaustiva de yacimientos, fachadas e interiores. Mediante la combinación de los datos numéricos y gráficos podemos crear modelos 3D con un alto grado de fidelidad.

# Nikon

## Por fin una estación total que trabaja tan duro como tú.

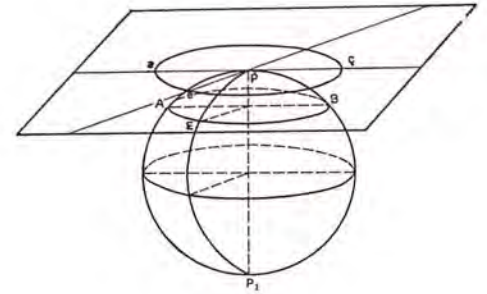
ESTACIÓN TOTAL

# DTM-350/330



- Batería de gran duración (16 horas de trabajo continuo).
- Construida con índice de permeabilidad IPx6.
- Innovador diseño del distanciómetro (EDM), ofreciendo mayor velocidad, precisión y alcance.
- Potente sistema de almacenamiento interno.
  - Memoria para almacenar 5.000 puntos con posibilidad de organizar trabajos.
  - Inmejorable sistema de codificación.
  - Numerosas aplicaciones internas.
- Teclado ergonómico que permite una sencilla introducción alfa-numérica.
- Diseño ligero y compacto.

# Desarrollo de un SIG para la Gestión de una Promoción Urbanística por la Administración Local



Sagrario López Amador.  
Ingeniera En Geodesia Y Cartografía.

## I.- RESUMEN

### OBJETIVOS GENERALES

El objetivo principal es permitir la integración de los datos de diferente naturaleza y de crear implícitamente nuevas formas de análisis de información que surge de forma espontánea en el usuario cuyo fin es la gestión alfanumérica y cartográfica por la Administración Local.

### INTRODUCCIÓN

El origen de este proyecto fue una serie de dibujos en formato DWG que eran conceptualmente lo más disjuntos posibles y entregados con las capas sin depurar, por lo tanto el primer paso a abordar fue la clasificación y limpieza de la información entregada utilizando el programa AutoCAD 2000.

Toda la información recogida se refiere a la promoción de La Garena, situada en el Término Municipal de Alcalá de Henares, cuyo proyecto y ejecución realiza ARPEGIO,S.A. empresa pública de la Comunidad de Madrid (C.A. M.), dependiente de la Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes.

El trabajo consta de tres grandes fases:

- 1º Recopilación de información.
- 2º Preparación de la información.
- 3º Gestión con herramientas de SIG de esa información.

#### **Primera Fase: recogida de información.**

- Colección de ficheros \*.DWG con los planos de Servicios, Parcelario,

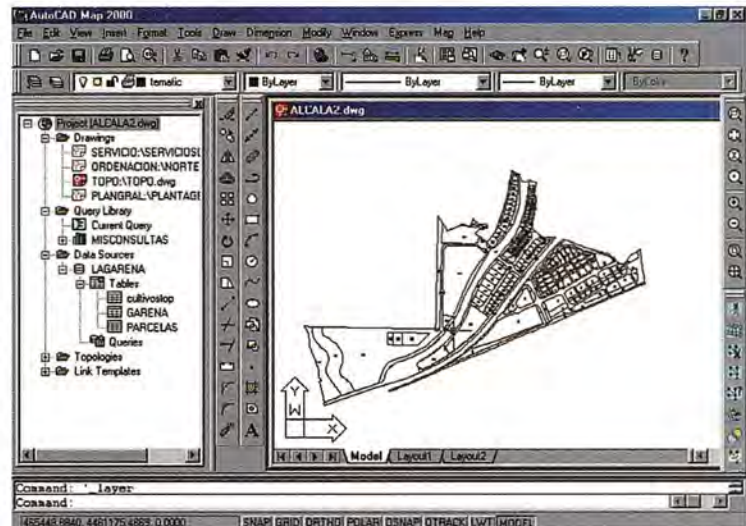


Figura 1. Parcelario de la Promoción de La Garena.

- Topográfico, Ordenación, Planta General, Planos de Detalle y fichas de parcelas.
- Documentos de texto en formato \*.DOC con las memorias y otros datos relativos a los documentos que componen la memoria del proyecto urbanístico.
- Colección de fotografías en formato \*.JPG de detalles relacionados con la ejecución de las obras, planos de Detalle escaneados.
- Imagen digital del satélite IKONOS con 1m. de resolución espacial.
- Base de datos en formato \*.MDB con la información relativa a la situación, estado y características físicas y políticas de las parcelas del Plan Parcial.
- Toda esta información será integrada dentro de un SIG para su posterior actualización y edición, consulta y análisis.

- La herramienta SIG empleada es el producto de Autodesk CADMAP 2000.

#### **Segunda Fase: Preparación de la información.**

Consta de las siguientes operaciones:

- 1- Depuración y limpieza de los ficheros vectoriales para agrupación de nodos, eliminación de falsos nodos, intersecciones y elementos flotantes.
- 2- Creación de un diseño \*.DWG nuevo llamado ALCALA.DWG sobre el que se dibujarán los resultados de las consultas.
- 3- Enlace de la base de datos alfanumérica con el fichero vectorial correspondiente al parcelario.
- 4- Asociación de documentos de texto con elementos gráficos de los

\*.DWG para visualizarlos haciendo «click» con el ratón sobre el elemento gráfico correspondiente.

- 5- Asociación de imágenes \*.JPG con los elementos gráficos para visualizarlos de forma interactiva.
- 6- Georreferenciación de la imagen del satélite Ikonos con el programa ERDAS, basada en la rectificación y remuestreo de la imagen digital de un terreno prácticamente llano.

### **Tercera Fase: Gestión de la información.**

- 1- Creación de una librería de consultas no topológicas.
- 2- Consultas por Ubicación de elementos, por ejemplo: Dibujar todas las farolas en un radio de 100m desde un punto dado.
- 3- Consultas por Propiedades de elementos, por ejemplo: Dibujar los elementos de la capa texto .
- 4- Consultas SQL en la que se seleccionan registros y dibujan los elementos enlazados, según cumplan condiciones booleanas.
- 5- Creación de tablas topológicas en las tres dimensiones:
  - De nodo, para farolas, pozos, registros etc.
  - De arco o red aplicables a las redes de servicios, como distribución de gas, agua, alumbrado público y saneamiento.
  - De polígono, para masas de cultivo, parcelario etc.
- 6- Análisis topológico: camino más corto, áreas de influencia, rastreo de flujo y superposición de dos topologías.
- 7- Creación de tablas de Base de Datos con el resultado de las consultas topológicas.
- 8- Consulta temática o Creación de un plano temático en el que cada

parcela según su calificación se rellena con un color, siguiendo una leyenda que se corresponde con los datos de una columna de la Base de Datos.

- 9- Implantación en el servidor de Autodesk de los ficheros correspondientes a la topología de las parcelas y el enlace con la Base de Datos alfanumérica para realizar consultas a través de INTERNET.

## **II- LA CARTOGRAFÍA COMO BASE DE DATOS**

La Cartografía, se utilizará para la gestión, administración, consultas y toma de decisión final para realizar el GIS de Ordenación Territorial.

### **1- Cartografía disponible en formato vectorial**

Topografía Base con curvas de nivel de equidistancia 1m.

Plano General Parcelario.

Ficha de cada parcela independiente.

Plano de ordenación Territorial y Gestión de suelo.

- a.- Calificaciones.
- b.- Alineaciones y rasantes.
- c.- Áreas de movimiento.

Plano General de Servicios

Agua, luz, teléfono, gas, saneamiento (negras y pluviales), etc...

Plano de secciones tipo-viario.

Plano de jardinería.

Plano de comercialización.

### **2- Cartografía disponible en formato ráster**

Fotografías oblicuas de la zona.

Fotografía cenital tomada por el satélite IKONOS con resolución de 1pixel/ 1m.

Todos estos ficheros han tenido que ser manipulados para que tengan el formato apropiado según las herramientas de software que se utilizarán y así obtener planos finales apropiados para gestionar el SIG.

## **III- RECURSOS A EMPLEAR-SOFTWARE**

- El trabajo se apoya básicamente en el programa de GIS AUTOCADMAP 2000 de AUTODESK.
- Sistema operativo: WINDOWS 98.
- Base de Datos empleada: ACCESS.
- Edición de imágenes: PAINT SHOP PRO GRAPHICS WORK SHOP.
- Georreferenciación de la imagen IKONOS: ERDAS IMAGINE v.8.4.
- Procesador de texto: WORD-OFFICE97.
- Cálculos estadísticos: STATGRAPHICS.
- Puesta en Internet: MAPGUIDE.
- Presentación: POWER POINT.
- Internet: EXPLORER.
- Visor de imágenes JPG: AIPICX 1.3.
- Diagrama de Gantt: PROJECT 4.0.

## **IV- ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La información vectorial está contenida en 5 ficheros de referencia sobre los que se realizan consultas.

La filosofía de trabajo de este paquete de CAD-SIG se basa en que al fichero activo, o fichero que se está editando, se le pueden asociar otros ficheros vectoriales como ficheros de referencia o fuentes.

Esos ficheros de referencia se pueden tratar en bloque, ligados al fichero editable, o también pueden editarse como diseños independientemente, los cuales podrán contener a su

vez otros ficheros de referencia asociados.

- FICHEROS VECTORIALES:  
 TOPO.DWG, PLANTA, GENERAL.DWG, NORTESUR.DWG, SERVICIOSDEF.DWG

ALCALA2.DWG

- FICHEROS ráster:  
 GARENA.TIF

Se crea el fichero vectorial ALCALA2.DWG sin ningún contenido vectorial y que se utilizará como base para mostrar los resultados de las consultas realizadas sobre los ficheros fuentes asociados.

Este fichero de diseño contiene en una capa una imagen ráster procedente del satélite IKONOS que se utilizará como fondo de los ficheros que se visualicen o editen.

## V.- PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN

### 1. Depuración y limpieza de los ficheros vectoriales.

En los datos entregados fue necesaria una limpieza minuciosa y eliminar impurezas y errores para su posterior utilización en el GIS. Estos errores se debieron a intersecciones no marcadas, polilíneas con demasiados vértices y errores debidos a descuidos o imprecisiones del operador como polígonos que no cierran o elementos duplicados. El programa los

detecta de forma automática posibilitando su edición manual o con herramientas de limpieza automáticas. Se trata de hacer la agrupación de nodos, eliminación de falsos nodos, intersecciones y elementos flotantes. La eliminación de estos errores es importante, sobre todo de cara a la creación de la topología.

### 2. Creación de un diseño \*.DWG nuevo llamado ALCALA.DWG sobre el que se dibujarán los resultados de las consultas.

Las consultas se realizan sobre los ficheros de referencia o fuentes, asociados al dibujo o diseño activo. Los ficheros de referencia contienen toda la información, mientras que el dibujo activo puede estar en blanco o contener capas en blanco para dibujar sobre ellas los resultados de las consultas. Las consultas por Propiedades o consultas SQL a la tabla, los distintos resultados se irán guardando en capas.

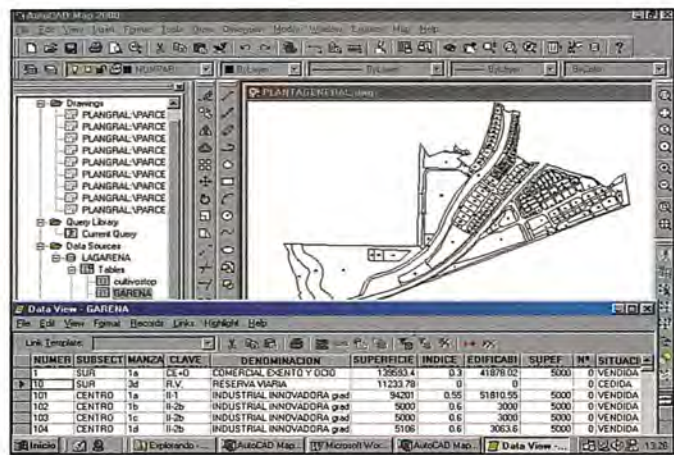


Figura 9. Base de datos alfanumérica asociada a Base de datos gráfica.

También se guardará el Mapa Temático de cultivos, realizado mediante una consulta topológica temática. Igualmente se guardará el resultado de la intersección de las topologías de cultivos y parcelas.

### 3. Enlace de la Base de Datos alfanumérica con el fichero vectorial correspondiente al parcelario.

Los SIG combinan información alfanumérica con información gráfica. La información alfanumérica está contenida en la tabla GARENA y esta a su vez está contenida en la base de datos LAGARENA.MDB.

La clave es el campo que contiene número de parcela, y los vínculos son el número de la parcela con la polilínea que representa una parcela. Los vínculos se pueden crear de forma automática, o uno a uno. Primero se generan todos de forma automática y después se corrigen casos puntuales.

### 4. Asociación de imágenes \*.JPG con los elementos gráficos para visualizarlos de forma interactiva.

Las asociaciones de elementos gráficos con documentos o imágenes externas se realizan a través de las tablas de datos de objetos.

Hay que definir como va a ser la vista, los parámetros que se manejan son la ruta del visualizador que se va a utilizar, en nuestro caso serán la ruta del procesador de textos WORD y la ruta de un visualizador de imágenes de

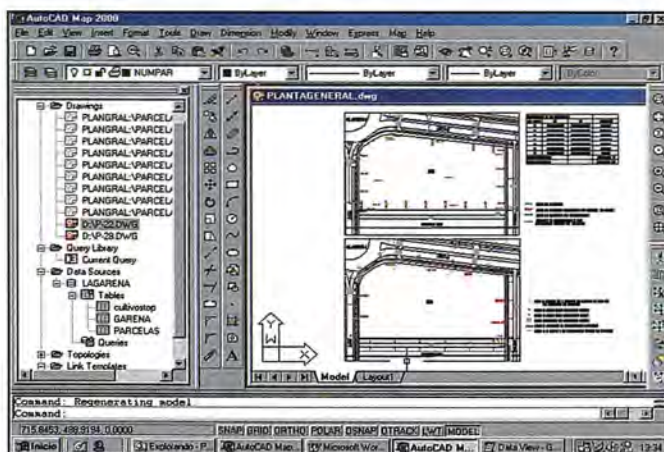


Figura 5. Fichero de referencia: Plano de Detalle de la parcela 22.



# La solidez de un gran Grupo

TOPOGRAFÍA

CARTOGRAFÍA

CATASTRO

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

VENTA Y ALQUILER DE MATERIAL TOPOGRÁFICO

**ATICSA**

**ELIPSOIDE**



VENTA E ALQUILER DE MATERIAL TOPOGRÁFICO

E S P A Ñ A - P O R T U G A L  
B A D A J O Z - M É R I D A - É V O R A - E L V A S

**Leica**  
Geosystems

**INTERGRAPH**



**ATICSA**

**HUSO 29**

URL www.aticsa.net • E-mail aticsa@aticsa.net



Figura 10. Diálogo para asociar textos gráficos a ficheros externos.



Figura 13. Imagen asociada a la parcela 42 del fichero NORTESUR.DWG Representa una gasolinera que se mantiene con energía eólica y solar.

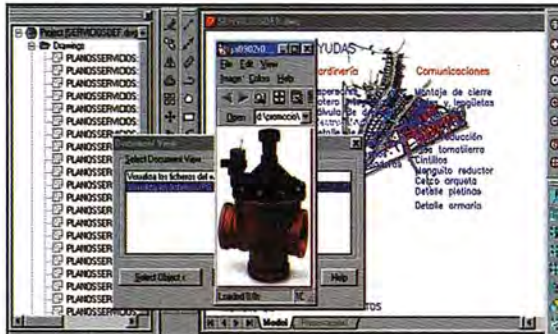


Figura 14. Imagen asociada en formato \*.JPG correspondiente a válvula de jardinería en el fichero serviciosdef.DWG y en la capa ayudas.

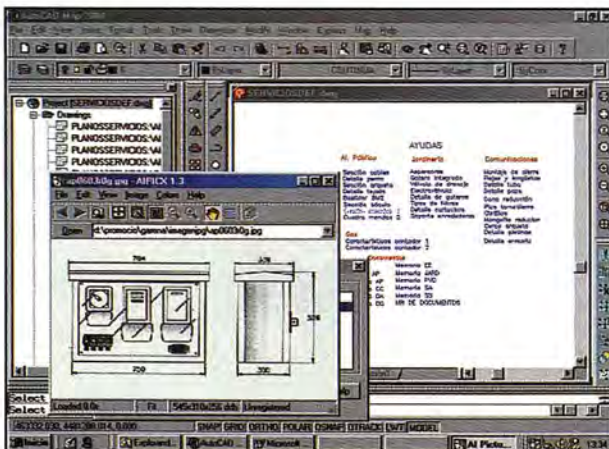


Figura 15. Plano escaneado asociado en la capa Ayudas del fichero Servicios def.DWG. Corresponde al cuadro de mandos del alumbrado público.

shareware: AIPICX 1.3 .Y el otro parámetro importante es el campo de la tabla de datos de objeto contiene el nombre del fichero que quiere asociarse.

Los documentos o fotografías asociados se visualizan con la opción View Associated Document del menú Map/Object Data con lo que aparecerá el cursor en modo selección, para seleccionar el objeto asociado.

Los ejemplos de asociaciones se pueden ver en la imagen del fichero NORTESUR.DWG.

### 5. Asociación de documentos de texto.

Información referente a los documentos asociados, por una parte, un fichero con los nombres y contenidos de todas las capas de los ficheros de referencia asociados. Y por otra parte, están los documentos que componen la memoria del Plan Parcial de la Garena. Se accede a ellos partir de los enlaces que hay en la capa AYUDAS del diseño SERVICIOSDEF.DWG.

### 6. Georreferenciación de la imagen del satélite Ikonos.

Se incluye también una imagen digital tomada por el satélite Ikonos, y proporcionada por la C A M. Es una imagen con resolución espacial de 1 metro, la cual ocupa en disco más de 30 megas.

La georreferenciación de esta imagen se basa en una transformación afín de 6 parámetros, dos giros, des escalas y dos traslaciones. Por tanto, no es una ortofoto sino una imagen rectificada.

La georreferenciación se realizó con el programa Erdas, primero identificando detalles de la imagen que se correspondieran con detalles en el plano, así se obtienen las coordenadas terreno de puntos de la imagen con coordenadas píxel. Se eligieron más de seis puntos, para que hubiera redundancia en el ajuste. Estos puntos fueron principalmente esquinas de lindes de parcelas.

Una vez georreferenciada la imagen, puede utilizarse ésta como fondo de

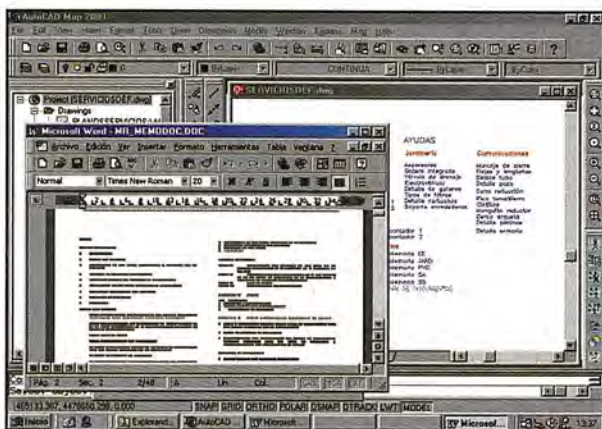


Figura 16. Documento de texto asociado a elemento gráfico.

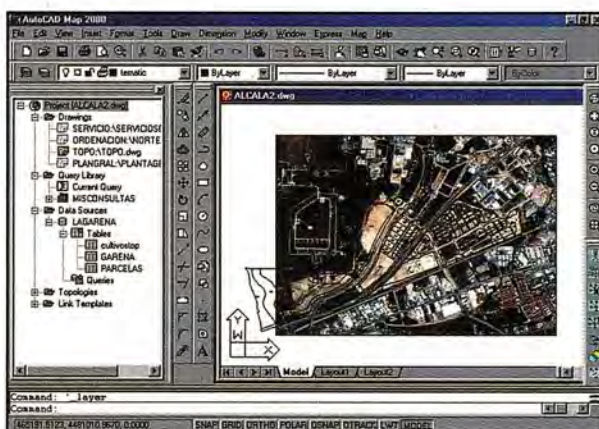


Figura 17. Imagen del satélite Ikonos como fondo de las parcelas.

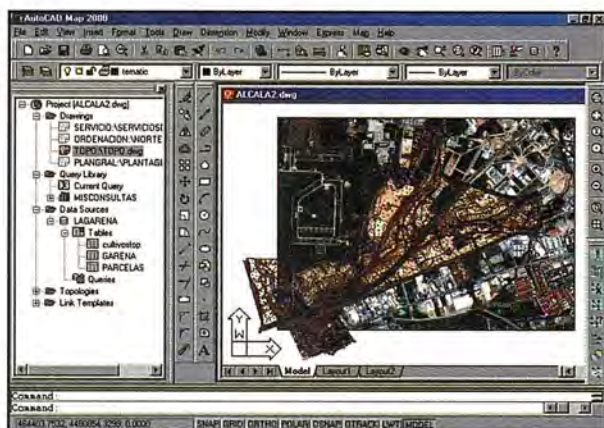


Figura 19. La imagen georreferenciada como fondo del fichero TOPO.DWG.

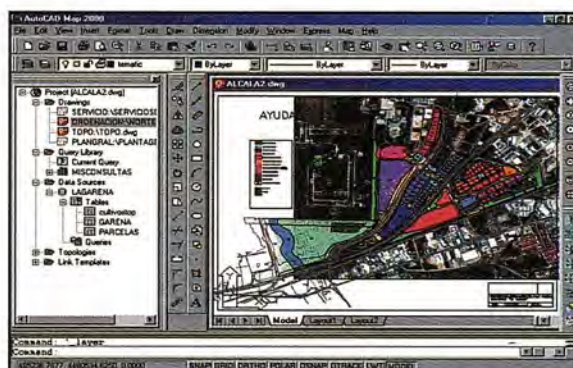


Figura 20. La imagen georreferenciada como fondo del fichero NORTESUR.DWG.

los ficheros vectoriales, para ello, se la inserta en el diseño ALCALA2.DWG y en la capa FOTORECTIF.

## VI. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

### 1- Consultas por Ubicación de elementos.

Una consulta por Ubicación es una modalidad basada en la selección interactiva de los elementos que están en una zona limitada. Por ejemplo: Dibujar todas las farolas en un radio de 100m desde un punto dado.

Una vez que los ficheros están depurados, y la tabla de la base de datos alfanumérica está enlazada, se pueden realizar consultas.

Las consultas se realizan sobre los diseños de referencia asociados al diseño activo. Hay cuatro modalidades de consulta: Ubicación, Propiedades, tabla de datos de objeto y consultas

SQL o tabla relacional. Las condiciones de búsqueda pueden agruparse unas con otras utilizando los operadores AND, OR, NOT. Las consultas pueden hacerse en tres modos distintos:

- En modo reporte, los resultados de la consulta se escriben en un fichero de texto.
- En el modo de edición, los resultados quedan en la capa activa de ese momento, y son editables, es decir, sus propiedades pueden modificarse y al salvarlas pasan a formar parte del diseño activo.
- En el modo previsualización, los resultados de la consulta no son nuevos elementos sino sólo una vista que se pierde al redibujar la pantalla.

### 2. Consultas por Propiedades de elementos.

La palabra Propiedad se refiere a las propiedades gráficas de las entida-

des que hay en fichero de vectorial \*.DWG.

Estas propiedades son: Capa, color, área, tipo de línea, tipo de texto, etc ...

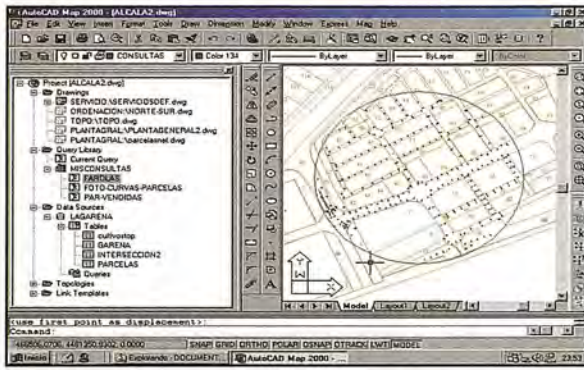
La consulta por Propiedades se basa en definir una condición que tiene que cumplir la propiedad dada. Por ejemplo: Área = 1000, Color = 6, Capa = cultivos. Selecciona los elementos que están en la capa cultivos.

Las búsquedas por Propiedades se pueden relacionar con otras condiciones de búsqueda mediante los operadores lógicos: OR, NOT, AND. Por ejemplo: Capa = parcelas AND area > 5000. De esta forma se puede construir condiciones de búsqueda combinando sentencias SQL con búsqueda por Propiedad.

### 3. Consultas SQL.

Las consultas por Propiedades y las consultas SQL se pueden combinar uti-





**Figura 21. Resultado de la consulta por Ubicación. Farolas dentro de un círculo de un radio de 300 m desde un punto dado.**



**Figura 20. Posibilidad de búsqueda**

lizando los operadores lógicos AND, OR, NOT.

Las propiedades a que se refiere la consulta son las Propiedades de los elementos gráficos, según están organizados en la base de datos gráfica interna de CadMap2000. Estas propiedades pueden ser: propiedad color, propiedad estilo de texto, propiedad área de polilínea cerrada, propiedad capa, etc.

En las consultas SQL, necesariamente interviene la tabla de datos. Además hay que crear antes una plantilla de enlace, o link template, en la que hay que definir cual es el campo clave que se usará para conectar cada registro con un elemento del dibujo.

En la figura puede leerse la sentencia SQL completa que se utilizó para pedir todas las parcelas cuyo campo «CLAVE DE ORDENANZA» tome cualquier valor que empiece por las letras «RAD» y además el campo «SITUACION» tome el valor «CONVENIO».

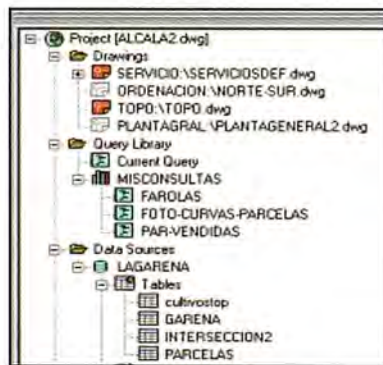


**Figura 25. Cuadro de dialogo para definir la consulta.**

#### 4. Creación de una librería de consultas.

Las consultas pueden ser topológicas, cuando se usan las tablas de datos que contienen la topología y no topológicas, que son las vistas anteriormente, consultas SQL, consultas por Propiedades, consultas por Ubicación y cualquier combinación de éstas. Tanto unas como otras pueden almacenarse en una librería, para no tener que escribirlas cada vez que se desean utilizar.

Las librería del diseño ALCALA2.DWG contiene las siguientes consultas:



**Figura 27. Arbol con las consultas realizadas.**

Las consultas realizadas desde el diseño «ALCALA2.DWG» se basan en las Propiedades, la Ubicación y el SQL hacia la tabla.

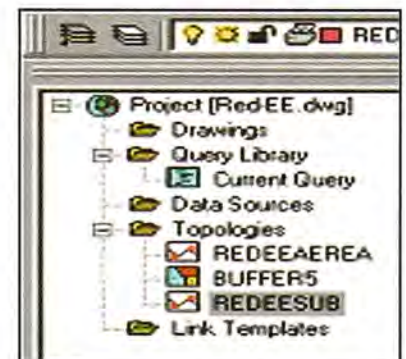
Las consultas del diseño «PLANTAGENERAL2.DWG» se basan además, en la topología guardada en tablas, que es otra modalidad de consulta que admite el sistema.

#### 5. Creación de las topologías.

- a) De nodo, para farolas, pozos, registros etc.
- b) De arco o red aplicables a las redes de servicios, como distribución de gas, agua, alumbrado público y saneamiento.
- c) De polígono, para masas de cultivo, parcelario etc.

Se crea topología de polígono en el diseño *TOPO.DWG* para las parcelas de cultivos que hay en la capa cultivos.

También se crea topología de polígono en el diseño *PLANTAGENERAL2.DWG*



**Figura 28. Arbol con las topologías.**



Nos ponemos  
**en su piel**  
para sentir  
sus necesidades

Toda nuestra actividad gira alrededor del cliente. Miramos por su negocio a través de sus ojos y nos hacemos de su tamaño, ya sea grande o pequeño para ofrecerle una solución siempre a su medida. Nos ponemos en su piel para sentir en la nuestra sus necesidades y exigencias. Tras décadas de experiencia, ponemos a su disposición nuestro conocimiento y afán de innovación. Ahora le ofrecemos la nueva gama de estaciones SOKKIA y nuestro parque de alquiler GPS.

**Y es que si hemos llegado hasta aquí es porque sabemos que lo primero es USTED.**

**Creando valor y soluciones en Topografía**



**Isidoro Sánchez, S.A.**

[www.isidoro-sanchez.com](http://www.isidoro-sanchez.com)

para las parcelas urbanísticas, para realizar operaciones de superposición.

La topología de red se crea en el diseño red-ee.DWG, que es uno de los que está asociado como fichero de referencia al diseño serviciosdef.DWG.

Esas topologías creadas son :

- REDEEAEREA construida con los datos de la red eléctrica aérea.
- REDEESUB construida con los datos de la red eléctrica subterránea.
- BUFFER5 resultado topológico de definir un una zona de influencia de cinco metros sobre la topología de la red eléctrica aérea.

### 6. Análisis topológico 1.

#### Camino más corto, áreas de influencia y rastreo de flujo.

La primera aplicación consiste en encontrar el camino más corto entre dos nodos. En este trabajo se aplicará a la red eléctrica subterránea buscando el camino más corto entre dos centros transformadores.

Complemento de esta aplicación es la obtención de un buffer o zona de influencia sobre la topología de red de la línea eléctrica aérea. Se toma como ancho 5 metros a cada lado del eje pues ese es el mínimo establecido para construir cerca de la línea eléctrica.

La línea eléctrica aérea está en color rojo y el buffer o área de influencia en color gris.

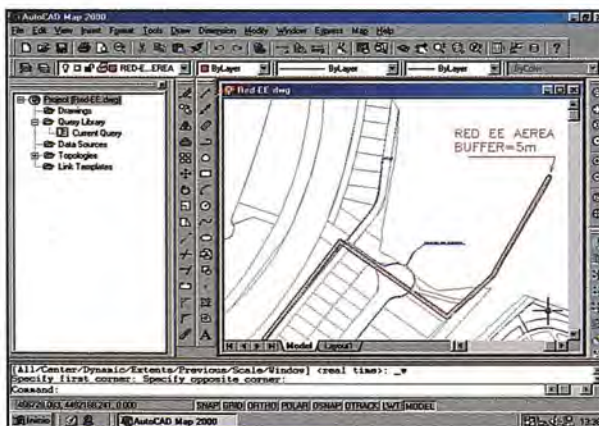


Figura 29. Área de influencia o buffer de 5 metros en color gris de la línea eléctrica aérea.

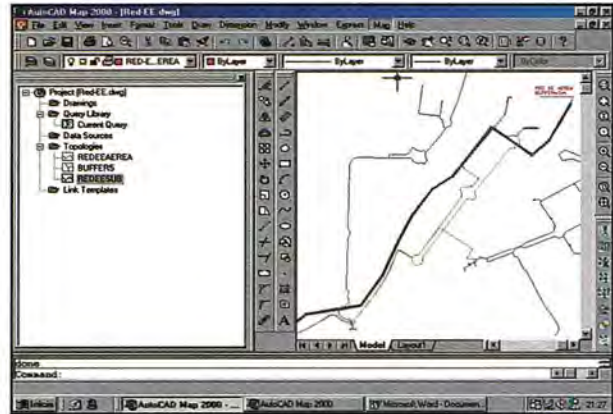


Figura 30. Rastreo de flujo, color verde.

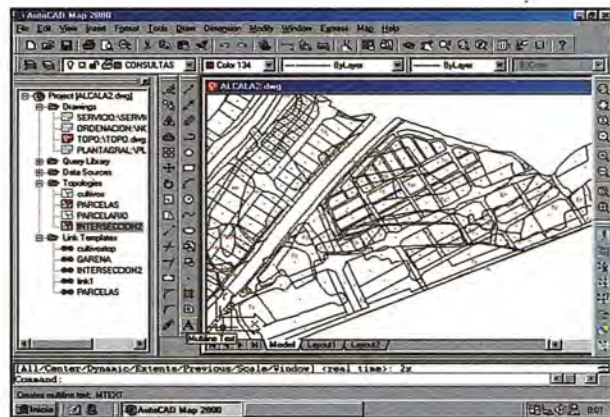


Figura 31. Intersección de las topologías de cultivos y parcelas.

Otra aplicación de la topología de red es el análisis de distribución o rastreo de flujo, o alcance de la red.

Lo haremos con la topología de red llamada REDEESUB, de la red eléctrica subterránea en el diseño REDEE.DWG.

La línea verde representa la distribución de la canalización entre dos cen-

tros de mando. Se obtuvo seleccionando un punto cualquiera de la red, el programa calcula el alcance de esa red hasta los donde puede llegar, que en este caso son los dos centros de transformación.

### 6. Análisis topológico 2.

#### Superposición de dos topologías.

Superpondremos las topologías de polígono de los cultivos y de las parcelas. La superposición se puede hacer en modo UNION, INTERSECCION, PEGADO, IDENTIDAD, DELIMITAR, ELIMINAR.

Se elige la opción intersección, la cual calcula la intersección geométrica de las dos topologías de tal forma que la topología resultante contiene elementos que están en las dos zonas originales.

De esta forma, haciendo la intersección de la topología de polígono de los cultivos con la topología de las parcelas, se obtiene para las parcelas con

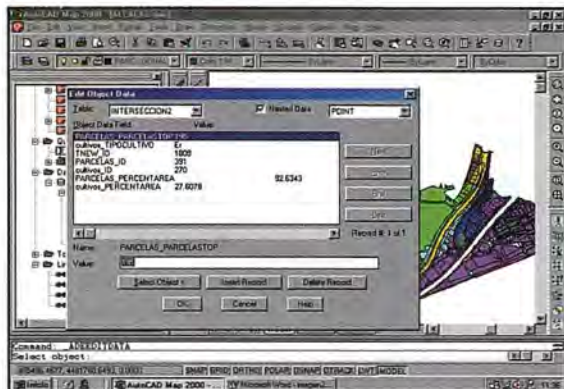


Figura 32. Tabla de datos objeto de una subparcela.

PARCELAS_PARCELA	TPO	TNEW_ID	PARCELAS_PARCELA_TPO_ID	TPO_ID	PARCELAS_PARCELA_TPO_ID	PERCENT
69	Tc	1136	530	247	89.8171	23.0445
44	Tc	1136	592	247	10.1069	21.4298
71	Tc	1137	522	277	88.8057	9.9151
44	Tc	1136	592	277	8.0706	8.1292
71	Tc	1136	502	247	19.1338	5.2419
71	Tc	1140	502	248	12.3604	8.6501
44	Tc	1141	592	248	1.8690	5.1874
70	Tc	1142	510	247	15.9065	4.3631
70	Tc	1143	510	248	40.7997	40.8339
44	Tc	1144	592	248	7.8126	20.5429
70	Tc	1145	510	277	0.209	0.0271
60	Tc	1146	506	251	99.9987	8.1714
44	Tc	1147	592	251	9.0852	14.8732
48	Tc	1148	495	251	99.8004	11.7024
48	Tc	1149	496	251	97.2239	20.6882
48	Tc	1150	496	248	2.7765	1.3683
47	Tc	1151	491	194	0.8079	0.6556
44	Tc	1152	592	194	1.636	5.544
47	Tc	1153	491	251	89.866	20.8934
44	Tc	1154	592	251	2.1496	3.2006
47	Tc	1155	491	277	9.2952	1.206
48	Tc	1156	494	194	0.4554	0.2411

Figura 33. Tabla estadística de la topología «Intersección2».

más de un tipo de cultivo las subparcelas correspondientes a cada cultivo.

Al hacer la superposición de dos tablas topológicas, también se hace la superposición de los atributos, de forma que cada subparcela creada por la intersección tendrá el atributo «tipo de cultivo» y el atributo «número de parcela».

Puede apreciarse como un puntito los centroides de las nuevas unidades o subparcelas creadas. El paso siguiente será obtener un mapa temático a partir de esa nueva topología.

Puede verse en la figura 32 los datos asociados a un centroide, en ellos se puede ver para una subparcela dada, que tanto por ciento tiene de la parcela originaria y que tanto por ciento tiene de la zona de cultivo originaria. También se ve los nuevos números identificadores de las subparcelas.

### 7- Creación de tablas SQL con resultado de consultas topológicas

Todas las topologías creadas, se mantienen en tablas internas, y estas tablas internas pueden convertirse al formato de tabla de ACCESS de Microsoft.

El resultado de la conversión es el de la figura 33. En ella se ven los registros asociados a cada centroide de cada subparcela creada por la intersección.

Cada registro consta de siete campos:

*Parcelas\_PARCELA* número de parcela urbanística. Puede haber varias subparcelas con el mismo número de parcela.

*Cultivos\_tipocultivo* tipo de cultivo de cada subparcela.

*TNEW\_id* número identificador de cada centroide de subparcela.

*Parcela\_id* identificador subparcela según a la parcela que corresponda. Varias subparcelas pueden tener el mismo identificador.

*cultivos\_id* identificador según la zona de cultivo a la que corresponde la subparcela. Distintas subparcelas pueden tener el mismo identificador.

*PARCELAS\_percent* tanto por ciento que representa la subparcela de la parcela urbanística a la que pertenece.

*Cultivos\_percent* tanto por ciento que representa la subparcela de la zona de cultivo a la que pertenece.

### 8. Consulta temática

La consulta temática, es la obtención de un mapa de coropletas a partir de unas condiciones de búsqueda.

A diferencia de las consultas vistas anteriormente, en esta modalidad de consulta hay que definir los patrones de relleno de las áreas cerradas que cumplan la condición de búsqueda o de selección.

Realizamos la creación de un mapa de cultivos a partir de la topología de polígono de los cultivos creada y cargada previamente.

El programa buscará en la tabla topológica el tipo de cultivo asociado de cada zona para colorearla según la configuración.

La imagen que se presenta es el mapa de cultivos obtenido a partir de la topología de cultivos creada previamente. Se le ha superpuesto una capa con curvas de nivel y otra con cartografía.

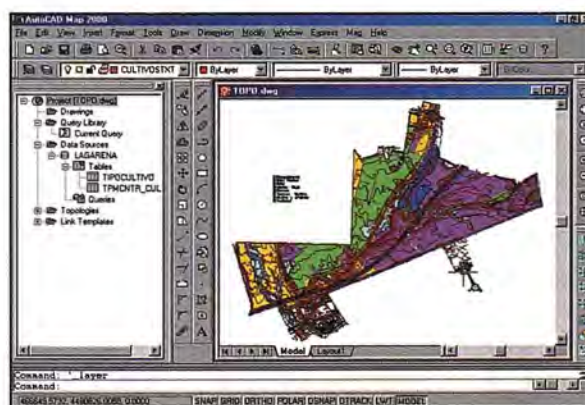


Figura 35. Mapa de Coropletas, resultado de consulta temática.

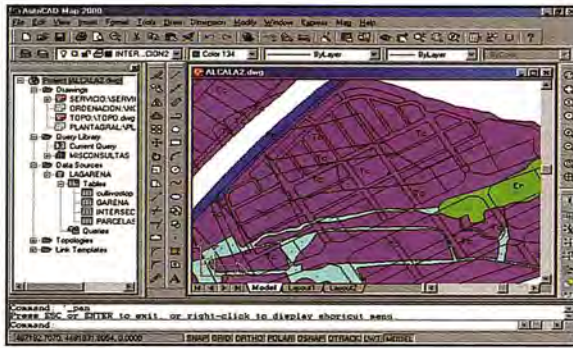


Figura 36. Mapa de cultivos sobre la intersección de dos topologías.

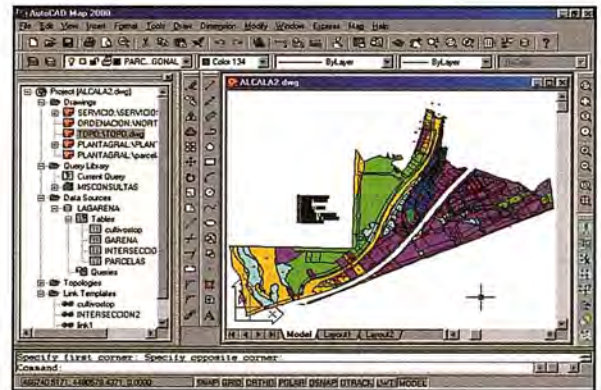


Figura 38. Mapa temático de la intersección de dos topologías.

El siguiente paso realizado es la obtención de otro mapa de cultivos, pero esta vez a partir del resultado de la intersección de las topologías de cultivos con la topología de parcelas. Los pasos seguidos son los mismos del paso anterior, nada más que seleccionando como fuente de datos la topología «interseccion2».

En este mapa una misma parcela podrá tener más de un color, pues lo que se busca con esta consulta es diferenciar las posibles subparcelas que puede tener una subparcela.

En la figura 36 puede verse parte del mapa de cultivos realizado a partir de la topología de la intersección.

En la imagen siguiente se puede ver la leyenda que se ha utilizado para clasificar los tipos de terreno según el cultivo.



Figura 37. Leyenda utilizada

**9. IMPLANTACIÓN EN EL SERVIDOR DE AUTODESK** de los ficheros correspondientes a la topología de las parcelas y el enlace con la base de datos alfanumérica para realizar consultas a través de INTERNET.

La última parte de este trabajo es la implementación en el servidor de Autodesk de las parcelas para su consulta a través de la World Wide Web.

De toda la información disponible se han seleccionado cuatro capas del diseño PLANTAGENERAL2.DWG. Estas han sido la capa que contiene la hidrografía, la capa que contiene las carreteras, la capa que contiene los viales urbanos y la cuarta, la capa con las parcelas, previamente convertidas a polilíneas, y con los correspondientes enlaces a la tabla de Access.

Además de las capas, también se ha puesto en la WWW la tabla LAGARENA con todos los registros de información urbanística, y asociados a las parcelas. Los datos ofrecidos de las parcelas son falsos para salvaguardar la confidencialidad de los datos.

La página de consulta puede verse en la dirección: <http://www.datech.es/mapguide/prodat/lagarena/default.htm>

Se necesita un programa visualizador de Autodesk, que previamente hay que bajar de la red. Este visualizador es el mc50.exe.

Este visualizador incorpora funciones de zoom y arrastre, en tiempo real, pues los datos que se transmiten por la red son vectoriales y con ellos, el visualizador calcula una nueva pantalla a petición del usuario, sin ser necesario enviar la petición de consulta al servidor para que éste calcule la nueva pantalla.

El sistema de consulta que se ha diseñado incluye un localizador de parcelas, que consiste en una ventanita de diálogo en la que se selecciona el número de parcela que se quiere visualizar. A continuación el sistema encuentra la parcela y la resalta.

También incluye un medidor de distancias. Pinchando con el ratón en un punto se obtiene en una ventanita de texto la distancia al segundo punto pinchado. Si se seleccionan puntos a lo lar-



Figura 39. La función medidora en Internet.

# Conozca los nuevos modelos **SOKKIA**

Llámenos, pruébelos durante  
unos meses y luego decídase

Máxima disponibilidad en alquiler  
de cualquier modelo que Ud. elija

y ahora...

Promoción de equipos GPS en  
unas condiciones irrepetibles

Esperamos su llamada

 **902 17 03 88**



DISTRIBUIDOR DE:

**SOKKIA**



**ISSA**

Isidoro Sánchez, S.A.

www.isidoro-sanchez.com

“Creando valor y soluciones en Topografía”

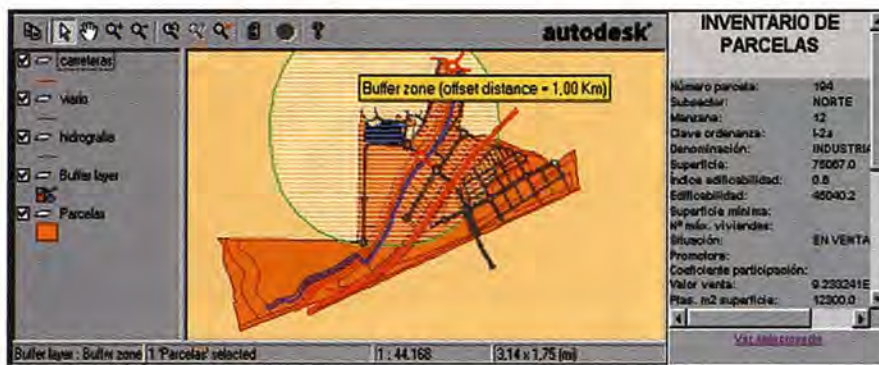


Figura 40. Area de influencia en torno a una parcela.

go de una línea poligonal, puede obtenerse la longitud del último tramo y la longitud acumulada a origen.

Otra posibilidad del visualizador es la de crear un área de influencia alrededor de una parcela, tal como se ve en la figura, en la que se ha pintado la zona de influencia para la parcela 194 que contendrá una estación de servicio, con una distancia o buffer de 1 km.

La función de consulta más importante de este mini- SIG es la posibilidad de visualizar la información que hay asociada en un registro de la tabla, al pinchar con el ratón (botón derecho) en la correspondiente parcela.

## VII. FUTURO DE LOS SIG

### 1. Perspectivas de los SIG

Los SIG constituyen un área específica de los sistemas informáticos y, como tales, su evolución está muy vinculada a los avances tecnológicos que está viviendo el área de la informática y de las telecomunicaciones.

Todo ello nos permite centrar nuestro estudio de perspectivas de los SIG dentro de la aplicación de las nuevas tecnologías que están surgiendo, de ahí que podamos marcar las siguientes líneas de desarrollo:

- 1ª. Estandarización y unificación de los formatos utilizados.
- 2ª. Aplicación de la tecnología implicada en los dispositivos móviles.

3ª. Globalización en la utilización de las herramientas SIG.

### 1º Estandarización y unificación de formatos

Uno de los principales problemas que se han achacado a los sistemas SIG y, por extensión, a prácticamente cualquier aplicación informática es la diversidad de formatos existentes y la posibilidad de ser compatible con ellos. Este aspecto ha sido especialmente dramático; los primeros SIG que aparecieron en el mercado tenían formatos propietarios (característica extensible a los entornos de programación que utilizaban) y la posibilidad de adquirir información de otras aplicaciones se convertía en una tarea ardua, por no decir imposible en la mayoría de los casos.

Los tiempos van cambiando y se ha impuesto la necesidad de la compatibilidad, de ahí que la gran mayoría de fabricantes hayan priorizado la apertura de sus sistemas a los formatos más extendidos en el mercado. Sin embargo, esto no es suficiente, la diversidad de formatos continua resultando un elemento que dificulta la compartición de información entre los usuarios, de ahí que se haya optado por desarrollar nuevas iniciativas.

La primera de ellas se basa en la utilización de un único repositorio de datos, habiendo optado todos los fabricantes por llegar a acuerdos de colaboración con la empresa que ha convertido su gestor de bases de datos en el referente y estándar del mercado: Oracle. Oracle dispone de un módulo o extensión conocida bajo el nombre de Oracle 8i Spatial que permite el almacenamiento de toda la información vectorial en tablas de Oracle; de esta forma las grandes organizaciones podrán almacenar toda su información en un único formato, el de Oracle, y utilizar los mismos sistemas de administración, aspecto realmente importante para estas organizaciones con redes informáticas muy densas.

Por otro lado, sobre todo para todas aquellas empresas u organizaciones de menor tamaño o con diferentes prioridades a las comentadas en el párrafo anterior, se ha planteado la elaboración de un formato universal: XML. XML es una variante de HTML que permite definir elementos «a medida», de forma que para cada sector económico se pueden definir entidades propias. En el caso del ámbito SIG, se ha creado una jerarquía de entidades que permiten contemplar toda la funcionalidad necesaria en un SIG; este nuevo formato consensado por el OGC (Open GIS Consortium, organismo que engloba a los principales desarrolladores de SIG) ira siendo adaptado a las nuevas versiones de los productos comerciales que surjan en los próximos años.

### 2º Aplicación de la telefonía móvil

Una de las principales necesidades de muchas organizaciones es la de poder disponer de la información en el punto de trabajo, pudiéndose localizar éste en cualquier sitio (no necesariamente en la oficina). Esta problemática



Figura 55. Equipos para actualización de cartografía.

ca es abordable hoy en día con la aparición de los dispositivos PDA, también llamados ordenadores de bolsillo o de mano.

Los PDA nos permiten la conexión con los servidores de datos a través de telefonía celular (GSM), habilitando a los fabricantes de aplicaciones a poder desarrollar sobre este nuevo entorno. El reto también ha sido recogido por los fabricantes de SIG que han comenzado a desarrollar aplicaciones SIG que ponen a disposición del usuario la posibilidad de consultar y actualizar datos vectoriales (cartografía,...) y alfanuméricos; todo ello gracias a la aparición de extensiones que se sincronizan con los programas instalados en los servidores de la información.

### 3º Globalización del uso

El tercer aspecto que constituye un caballo de batalla para los fabricantes de soluciones SIG lo representa el mundo de las redes. La necesidad de poner al alcance de un número de usuarios cada vez mayor las aplicaciones, ha obligado a la utilización de las nuevas tecnologías en materia de transmisión de datos.

Las redes, en sus diferentes tipologías, constituyen el elemento que permite lograr esa globalización en la utilización de la tecnología SIG. Esta globalización lleva implícita una simplificación de los entornos de usuario, de forma que estos sean asequibles a cualquier persona, especialmente a aquellas que no han utilizado nunca un entorno CAD o SIG. La respuesta del sector ha sido el desarrollo de aplicaciones que se instalan en los navegadores estándares de internet, las cuales se integran perfectamente en las páginas Web y permiten que el mapa sea un elemento más, sin ninguna complejidad añadida.

Internet, intranet y extranet son diferentes conceptos relativos a la difusión de los datos cumpliendo los objetivos mencionados con anterioridad. Todos los fabricantes con capacidad de evolución han ido desarrollando y comercializando aplicaciones que permiten la consulta de datos de cualquier tipo (vectoriales, ráster o alfanuméricos) a través de los navegadores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Manual del usuario de AutoCADMap.
- Internet.
- Bosque Sendra J. (1997): Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Ediciones Rialp. 2ª Ed.
- Comas D. Y Ruiz E. (1993), Fundamentos de los Sistemas de Información Barcelona: ARIEL.
- F.Javier Moldes (1995): Tecnología de los Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Ra-ma.
- Guimet, Jordi (1992): Introducción conceptual a los Sistemas de Información Geográfica. Estudio Gráfico Madrid, S.L.
- Otero I. (1995), Diccionario de Cartografía, Topografía, Fotogrametría, Teledetección, GPS, GIS, MDT. Madrid: Ediciones Ciencias Sociales.
- Felicísimo Pérez, A.M. (1994), Modelos Digitales del Terreno: principios y aplicaciones en las ciencias políticas. Ediciones Pentalfa.

## " LA TIENDA VERDE "

SANTANDER  
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  
VITO

"LIBRERIA ESPECIALIZADA EN  
CARTOGRAFIA, VIAJES Y NATURALEZA"

- 
- MAPAS TOPOGRAFICOS: S.G.E. | 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"



# HIPER El Receptor GNSS Que Simplifica Su GPS

Nuevo Odyssey-E  
El primer receptor+bate  
+controladora en Windo  
totalmente integrac

Es fácil quedar impresionado por las altas prestaciones del receptor y la antena GNSS Hiper de Topcon. Para los que empiezan, les ofrece todo lo que necesitan para la topografía GPS totalmente integrada, robusta, sin cables y de sólo 1,65 kg. Esto significa que nunca más tendrá que llevar una caja de herramientas llena de hardware y cables, nunca más necesitará un "guru" de GPS para ayudarle a obtener los datos. Como conclusión, Hiper le proporciona los datos más rápida y fácilmente que nunca hasta ahora. Y, con todo lo necesario integrado en el jalón, con lo que tomar un punto es imposible hacerlo de una forma más sencilla.

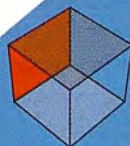
## Hay más acerca del HiPer:

**Chip Paradigm.** Tiene 40 canales universales para hacer seguimiento de las frecuencias GPS L1 ó L2. Proporciona procesamiento de la señal, atenua el efecto multi-path y se dispone de seguimiento Co-op para una óptima recepción de señal de baja intensidad bajo árboles.

**Alto valor en Estático Rápido.** Con la opción de doble frecuencia (GPS L1/L2), el Hiper reduce el tiempo de ocupación en más del 50%-es como disponer de otra persona en cada cuadrilla pero sin los costes laborales.

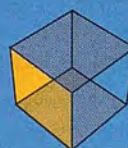
## Elegancia en Cinemático en Tiempo

**Real.** Consiga las mejores prestaciones y ergonomía en modo RTK, añadiendo una radio para transmitir correcciones en el Hiper en la estación base y una tarjeta de radio interna y un colector de datos en el Hiper móvil.



Paquete Total de Soluciones

Soluciones GPS



Paquete Total de Soluciones

Soluciones en Topografía

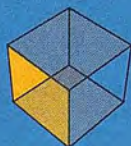
## GTS-800A

Para Seguimiento Automático

- Rayo de amplio seguimiento y motores servo asistidos y muy rápidos que permiten realizar el seguimiento sin parar, incluso cuando el prisma se mueve a través de obstáculos y árboles.
- Añadiendo el control remoto RC-2 se consigue la captación instantánea y el rápido seguimiento en cualquier momento.
- La tecnología Topcon de radio transforma la GTS-800A en un instrumento totalmente robotizado.



Los So  
Rápido



Paquete Total de Soluciones

Soluciones Control de Maquinaria 3D



El receptor GPS  
L1+L2 RTK  
más integrado, ligero  
y ergonómico del  
mundo

 TOPCON

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

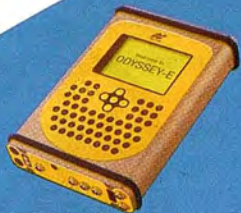
Av. Burgos, 16E, 1º - 28036 MADRID  
Tel.: 91 302 41 29 - Fax: 91 383 38 90

Urtzaile, 1 Bajo - ED. AURRERA  
20600 EIBAR (GUIPUZCOA)  
Tel./Fax: 943 120 300

Avda. Guardia Civil, nº 30  
(esq. Avda. Cataluña)  
46020 VALENCIA  
Tel./Fax: 96 362 13 25

Avda. Luis de Morales, 32  
Edif. FORUM, Plta. 1º, Módulo 22 41018 - SEVILLA  
Tel./Fax: 95 454 14 76

E-mail: topografia@topcon.es <http://www.topcon.es>



## ODYSSEY-E

### Receptor GNSS Integrado/Colector de Datos

Operadora en Windows CE integrada.  
Puede simultáneamente dos placas de radio  
frecuencias (ningún otro receptor tiene esa  
capacidad).

Compatible con las opciones de  
operación existentes, por ejemplo doble  
frecuencia GPS+GLONASS.

Compatible con actividad USB y Ethernet.



## LEGACY-E

### Cuando la Capacidad Sólo GPS No es Suficiente

- La tecnología más avanzada del mundo en recepción GNSS, totalmente actualizable.
- Función Cenicienta, que activa la recepción GPS L1+L2 y GLONASS cada martes durante 24 horas.
- MINimum INTERface que simplifica las operaciones.
- Ampliable hasta 4 puertos serie, con lo que acepta gran variedad de accesorios.



## LEGACY-H

### Es una Pequeña Maravilla

- Potente receptor L1 ó L1+L2 que cabe en la palma de la mano.
- Función Cenicienta, que activa la recepción GPS L1+L2 cada martes durante 24 horas.
- MINimum INTERface que simplifica las operaciones.
- Ampliable hasta 4 puertos serie, con lo que acepta gran variedad de accesorios.



## GTS-6000

### Estación Total Sin Prisma

Almacenamiento de datos en tarjetas tipo  
Flash (serie 6000C).

Operación por pulsos láser para  
medición instantánea a más de 150 m.

Alcance superior a 7.000 m. con un prisma.

Medición de prisma a no prisma  
con una tecla.



## GPT-2000

### La Productividad Sin Prisma

- Añade la productividad sin prisma a la Topcon GTS-220.
- Programa de plano desplazado que proporciona mediciones precisas a puntos que usualmente necesitan un prisma como bordes de paredes o esquinas.
- Perfecta para aplicaciones donde colocar un prisma sea peligroso.



## GTS-220 Series

### La Estación Total para Todos los Trabajos

- Estación total de alta versatilidad que es perfecta para cualquier trabajo.
- Almacene hasta 8.000 puntos de datos de levantamiento, 16.000 puntos de replanteo, o elija un colector de datos.
- Cuatro modelos de precisión angular: 10<sup>cc</sup>, 15<sup>cc</sup>, 18<sup>cc</sup> y 27<sup>cc</sup>.
- Batería de larga duración para más de 10 horas de medición continua en modo ángulos/distancias y más de 45 horas para medición de ángulos.

Instrumentos Topcon ya son los Más Sencillos,  
Más Precisos y Más Avanzados del Mundo. También son la Mejor Elección.

## LPS-3D

### Sistema de Posicionamiento Local

■ La mayor precisión para motoniveladoras.

■ Acabado continuo de la superficie.

■ Sistema reutilizable en configuraciones láser  
y GPS.

■ Comunicación de datos vía láser: mayor  
velocidad, es decir mayor precisión y  
continuidad.



## GPS-3D

### Sistema de Posicionamiento Global

- El sistema idóneo para dozer.
- Sistema reutilizable en configuraciones LPS y láser.
- Amplia cobertura sin necesidad de cambiar la base de referencia.
- Reutilización de parte del sistema como GPS topográfico.

# Parámetros de transformación para la obtención de coordenadas UTM a partir de mediciones GPS en Asturias



Sánchez Fernández, Benjamín; González Moradas, M<sup>a</sup> del Rosario; Puente Rodríguez, Delfín; García Cortés, Silverio.

Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.  
Dpto. de Explotación y Prospección de Minas.  
Universidad de Oviedo.

## Resumen

El artículo pretende dar a conocer los resultados de algunos de los trabajos GPS realizados en Asturias con los que se han obtenido coordenadas GPS de precisión centimétrica. También se exponen los resultados del análisis que tiene por objeto conseguir parámetros de transformación entre los sistemas WGS-84 y ED-50. Los estudios se han realizado en tres áreas del Principado, es decir, en las Zonas Occidental, Central y Oriental, así como en el ámbito territorial conjunto abarcado por las mismas. Aunque se han probado diferentes métodos, Helmert 3D y otros en los que la transformación por alturas se independiza, se ha observado que uno de los métodos de transformación mas apropiados es el Helmert 3D.

Cualquiera de los parámetros de transformación que se presentan, mejoran notablemente los resultados respecto a los parámetros generales propuestos por diferentes autores, ya que los residuos planimétricos son inferiores a los 25 cm y los de alturas a 62 cm. También se ha visto que los parámetros de transformación, obtenidos en zonas mas reducidas, mejoran aún más los resultados, si bien los obtenidos para Asturias muestran unas precisiones válidas para la mayoría de las aplicaciones en ingeniería.

## 1. Introducción

Es una realidad que el Sistema de Posicionamiento Global por Satélite

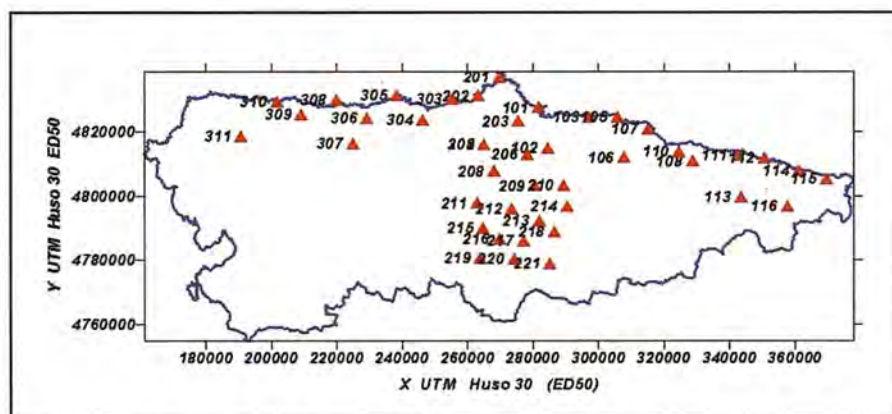


Figura 1.- Situación de los puntos utilizados en las transformaciones.

(GPS) está siendo masivamente utilizado por un gran número técnicos y especialistas, puesto que se trata de una herramienta de gran variedad de aplicaciones a un coste económico no muy elevado.

Esta técnica de trabajo ofrece muchas ventajas al técnico a la hora de desarrollar su actividad, aunque los resultados obtenidos están referidos al sistema GPS, esto es, a un sistema geocéntrico que utiliza como elipsoide de referencia el World Geodetic System 1984 (WGS-84). Tradicionalmente, para la resolución de problemas geodésicos, topográficos o cartográficos, se han venido utilizando sistemas de referencia locales, lo cual era debido a que las mediciones terrestres utilizadas para resolver estos problemas eran de naturaleza local. Por tanto, para obtener posiciones referidas al sistema local ED-50 a partir de observaciones GPS, se requiere unos parámetros de transformación que permi-

tan relacionar entre sí los sistemas WGS-84 Y ED-50.

El cálculo de los parámetros de transformación entre ambos sistemas de referencia es el aspecto más difícil de resolver en todo el proceso de medida GPS (Leick, 1995, Aguilera et al. 2001) puesto que depende de tres factores fundamentales: la precisión de las coordenadas GPS, la exactitud de las coordenadas locales y la bondad de la transformación, que a su vez depende del tipo de ésta y de las características de la zona (ondulación del geoide).

En este trabajo, se estudian las diferentes precisiones que se pueden conseguir en la transformación, utilizando parámetros calculados para diferentes ámbitos territoriales, a nivel regional para toda Asturias y a nivel local en tres zonas concretas del Principado, como son las zonas Central, Occidental y Oriental. Esta disociación zonal es debida a que el sistema ED-

50 no es homogéneo en España, por lo que se hace necesario el cálculo de los parámetros que relacionan ambos sistemas de modo local, para obtener suficiente precisión en la transformación.

Por otro lado, si se conoce el modelo de transformación entre los dos sistemas, se utilizará indistintamente cualquiera de ellos, puesto que conocida la posición de un punto en uno de los

dos sistemas, con los parámetros de transformación es posible determinar directamente dicha posición en el otro sistema. Y es, precisamente, esto lo que lo hace interesante, ya que proporcionando parámetros de transformación suficientemente precisos, los usuarios no necesitarán hacer trabajos complementarios para calcular dichos parámetros, con lo que podrán pasar de coordenadas GPS a UTM sin mayores complicaciones.

Para alcanzar este objetivo se ha partido de trabajos GPS previos, concretamente de la observación de la red geodésica de primer y segundo orden en las citadas zonas: Central, Occidental y Oriental (Puente Rodríguez, 1997, Puente Rodríguez et al., 1998) en los que se han obtenido las coordenadas GPS (ya ajustadas y con errores máximos de 2 cm.) de 43 puntos, cuya situación geográfica es la que se indica en la figura 1. Dichas coordenadas GPS,

Zona	Punto	Nombre	X (m)	Y(m)	Z(m)
Occidental	303	Sable	4602041.1426	-486263.5516	4374766.8739
	304	La Penona	4606004.1980	-495535.4167	4370137.7614
	305	Vidio	4599851.4653	-503015.9721	4375135.0864
	306	Palancas	4604434.1424	-512339.0174	4370175.3060
	307	La Uz	4609387.1876	-516916.7861	4364236.3811
	308	Busto	4599171.4488	-521550.8970	4373648.6260
	309	Quemado	4601812.4608	-532347.2346	4370188.3661
	310	Sienra	4598123.7769	-539690.8784	4372567.3084
Central	311	Penouta	4605134.6833	-550975.7120	4365040.2248
	201	La Granda	4598413.5126	-471686.9027	4380127.2211
	202	Buscón	4601914.1182	-478229.3370	4375717.2489
	203	Areo	4608446.8473	-466425.1248	4370425.6618
	204	Campa Torres	4605880.0474	-460161.6143	4373566.6032
	205	Peña Menéndez	4612796.3780	-477078.3018	4365039.0409
	206	Cucureza	4615872.0592	-463883.6677	4362957.0492
	207	San Martín	4615032.8932	-457841.5377	4364789.5621
	208	Paisano	4618899.3772	-474354.8898	4359144.4200
	209	Cadaval	4622856.2334	-462153.4443	4356099.0246
	210	Llosona	4623486.4334	-453284.4669	4356484.5447
	211	Cadaval II	4625230.9557	-479945.0908	4351765.6641
	212	Boa	4627480.0610	-469389.9753	4350662.8879
	213	Cuetra	4630666.8552	-461219.8692	4348386.6724
	214	La Oscura	4628082.4452	-452578.5531	4351908.8064
	215	Trapa	4630704.7272	-478294.6572	4346318.2126
	216	Campusas	4633685.7248	-473603.1863	4343979.6973
	217	Bustiello	4634698.3685	-466153.5706	4343708.8571
	217	Tres Concejos	4633584.6042	-456683.9849	4346188.6956
	219	Bildeo	4637470.9316	-479563.1335	4339833.4799
	220	Cerra	4638490.8265	-469321.4572	4339941.0530
221	Renorios	4640386.7445	-458478.0528	4339135.2484	
Oriental	103	Peña Rubia	4609113.5426	-444870.8631	4371787.0291
	105	Tazonés	4609853.9416	-436270.7513	4371855.4329
	106	Tandión	4618890.5957	-434581.5177	4363071.5714
	107	Depósito	4613109.3147	-426864.5622	4369438.4427
	108	Perullalina	4621180.2043	-413872.7279	4362654.9256
	109	Faro Ribadesella	4617833.0848	-410726.1278	4365907.8696
	110	Gobia	4618853.7498	-417862.4239	4364786.1036
	111	Ronciello	4620674.7660	-400113.2750	4363916.8941
	112	Castiello	4621772.9933	-391873.8169	4363486.2053
	113	Cardosas	4629965.4560	-399568.5308	4354855.5595
	114	Cue	4625239.4652	-381477.2775	4360793.0885
	115	Borbolla	4627659.4024	-373229.8919	4359073.4389
	116	Cuerno	4633224.4599	-385558.8908	4353229.6230
	104	Curiella	4614411.4223	-445017.2381	4366782.6415

Tabla 1.- Coordenadas GPS de los puntos utilizados en las transformaciones.

cuyos valores se muestran en la tabla 1, están referidas a la intersección entre el eje del pilar y la plataforma de la base prismática. Por su parte, las coordenadas locales, tanto geográficas como sus correspondientes UTM, han sido proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), presentando unas elipses de error de aproximadamente 10 cm en planimétrico y 20 cm en altitud. Estas coordenadas se transforman en tridimensionales cartesianas aplicando las fórmulas correspondientes y considerando la cota ortométrica como elipsoidal con el fin de evitar utilizar un modelo de geoide. Para los cálculos se ha hecho uso del programa informático Ski Pro, de Leica.

## 2. Sistemas de transformación

Si bien existen parámetros de transformación entre el sistema WGS-84 y el ED-50, válidos para toda la península, propuestos por el IGN (Dalma, 1997; Aguilera et al., 2001) y basados en transformaciones Helmert, éstos transmiten errores inaceptables para la mayoría de los trabajos topográficos. Entre los grupos de parámetros propuestos por el IGN, citar:

- Transformación según siete parámetros. Generados a partir de los datos obtenidos en las estaciones que forman la red Iberia95. Las posiciones obtenidas aplicando estos parámetros presentan un error medio cuadrático del orden de 1m en planimetría, y 0,43m en altimetría (Dalma, 1997).
- Transformación según cinco parámetros, en la que se anulan los gi-

ros en X y en Y. La indeterminación en la posición obtenida al utilizarla se estima en 5 m.

- Parámetros de Molodensky, donde se supone que los efectos de la rotación entre los ejes de los dos sistemas de referencia son absorbidos por la traslación entre orígenes, aunque no se puede utilizar para áreas extensas. Dada su sencillez, es el normalmente utilizado en los navegadores, permitiendo obtener una precisión entre 5 y 10 metros.

En realidad, todas ellas son transformaciones Helmert tridimensionales, como es el caso por ejemplo de la de siete parámetros, o bien en las que se ha fijado el valor de algún parámetro, haciéndolo cero. Pero además de este tipo de transformaciones existen otras caracterizadas, fundamentalmente, por la posibilidad de independizar la transformación de alturas. No obstante, existen otros tipos de transformaciones que se caracterizan por la posibilidad de independizar la transformación de alturas. Debido a esto y a las particularidades de la ondulación del geoide en la región asturiana, los trabajos se iniciaron probando diferentes métodos de transformación, es decir: Helmert 3D (modelo Bursa-Wolf), transformaciones en varias etapas, transformación en una sola etapa e interpolación.

De todos estos métodos se ha visto que los óptimos son los dos primeros. Observando los residuos tras aplicar el método de la transformación en una sola etapa (que combina un Helmert 2D con una transformación de alturas) a dos grupos de puntos, 21 en la Zona Central de Asturias y 14 puntos en la Zona Oriental de Asturias, se ha com-

probado que en planimetría los errores en planimetría son muy importantes, según lo que se muestra en la tabla 2. De la misma manera, también se puede observar que el método de interpolación proporciona buenos resultados para la transformación de alturas, pero sin embargo los errores en planimetría son inaceptables.

A la vista de dichos resultados, se decidió utilizar únicamente los métodos Helmert 3D y la transformación por etapas, la cual se caracteriza por ser una combinación entre un Helmert 3D y el método de interpolación, el primero de los cuales se utiliza en planimetría mientras que el segundo para las alturas.

## 3. Parámetros de transformación

Como se ha dicho anteriormente, los datos de partida proceden de las observaciones realizadas en tres zonas territoriales de Asturias:

- Occidental, en la que se han medido 11 puntos, de los que se han desechado dos de ellos con el fin de mejorar los resultados.
- Central, en la que se han obtenido datos de 21 puntos, de los cuales se han eliminado dos, lo que ha permitido mejorar los resultados.
- Oriental, con 14 puntos medidos y utilizando sólo once de ellos.

En cada zona se han calculado los parámetros de transformación y también se han integrado todos los datos para poder obtener unos parámetros generales, válidos para la mayor parte del Principado de Asturias.

Estadísticos	Transformación en una sola etapa			Interpolación		
	dE (m)	dN (m)	dH (m)	dE (m)	dN (m)	dH (m)
Valor absoluto máx.	1,997	2,551	0,433	2,386	2,111	0,006
$\sigma$	0,8224	1,0955	0,2399	1,0625	0,8012	0,0025

Tabla 2.- Resumen del análisis de los residuos obtenidos en dos sistemas de transformación con 35 puntos.

### 3.1. Totalidad de las zonas

De los 43 puntos disponibles se han desechado siete (105, 107, 202, 204, 217, 308 y 311) con lo que los parámetros de transformación se calcularon a partir de los datos procedentes de 36 puntos. En los dos métodos considerados, los residuos son altos; tanto es así que, en planimetría, el 40 por 100 de los puntos poseen residuos mayores a 10 cm, si bien los puntos que poseen residuos mayores a 20 cm descienden al 8 por 100; en resumen, se puede decir que el error máximo oscilaría entre 21 y 25 cm, según que el método utilizado haya sido un Helmert 3D o una transformación por etapas. Comparados los residuos en alturas, éstos también son altos para los dos métodos, de tal manera que un 36 por 100 de los puntos presenta residuos superiores a 20 cm, mientras que los residuos mayores de 30 cm sólo aparecen en el 19 por 100 de los puntos utilizados. Los errores máximos observados son 38 cm con una transformación por etapas y 60 cm con una transformación Helmert 3D.

A pesar de tales valores, los resultados tienen validez para la mayoría de las aplicaciones aunque si se quiere una mejor precisión habrá que utilizar los resultados que derivan de los cálculos en cada zona independiente.

Los parámetros de transformación se recogen en la tabla 3 y a la vista de la misma, se puede decir que si bien las traslaciones no tienen mucho significado, no sucede lo mismo con los giros, en los que, en concreto, se aprecia un valor de 9" según el eje Y, que se considera excesivo y que se justifica por la ondulación del geode en la zona, ya que se ha partido de cotas ortométricas. Por su parte, el factor de escala presenta un valor alto, lo que indica un constreñimiento de la red.

Para la transformación de alturas, con el segundo método utilizado, se define un plano cuyos parámetros son:  $6,903 \times 10^{-5}$ ,  $1,029 \times 10^{-5}$ ,  $-51,4694$  m. Se trata de un plano inclinado  $0,00395^\circ$  en la dirección Y, y  $0,00059^\circ$  en la dirección X; cortando al eje de alturas en el punto  $-51,4694$  m.

Parámetros	Valor	r.m.s
$X_0$ (m)	0,0000	-
$Y_0$ (m)	0,0000	-
$Z_0$ (m)	0,0000	-
Traslación en X (dx) (m)	32,6743	8,8388
Traslación en Y (dy) (m)	61,4956	4,6405
Traslación en Z (dz) (m)	456,7845	9,4376
Rotación de X ( $\alpha_1$ ) (")	-0,17474	0,14712
Rotación de Y ( $\alpha_2$ ) (")	-9,23658	0,39727
Rotación de Z ( $\alpha_3$ ) (")	-1,55662	0,13606
Factor de escala (k) (ppm)	-27,8202	0,6286

Tabla 3.- Parámetros de transformación según un Helmert 3D.

Parámetros	Valor	r.m.s
$X_0$ (m)	283.793,6743	-
$Y_0$ (m)	4.808.883,5298	-
Traslación en X (dx) (m)	0,0030	0,0020
Traslación en Y (dy) (m)	0,0143	0,0143
Rotación de Z ( $\alpha_3$ ) (")	-0,53567	0,06835
Factor de escala (k) (ppm)	-27,5983	0,3314

Tabla 4.- Parámetros de transformación según una transformación por etapas.

### 3.2. Zona Occidental

En esta zona se han eliminado los puntos 108 y 111. Analizando los residuos de la transformación según un Helmert 3D, con modelo Bursa Wolfse observa que en planimetría los valores que presentan son de escasa magnitud, cuantificados en 6,6 y 4,4 cm en las direcciones W-E y N-S, respectivamente. Por tanto las elipses de error que se generan están contenidas en las propias de las coordenadas UTM, de unos 10 cm en planimetría. En alturas, los residuos aumentan de valor, llegando hasta 27,2 cm (en valor absoluto), que es algo superior al error asociado a las altitudes, establecido en torno a 20 cm, lo cual es debido a la ondulación del geode en la zona.

Con la transformación por etapas, se logran unos residuos algo mejores que en el caso anterior, con valores

máximos de 6,3 y 3,0 cm en dirección W-E y N-S, respectivamente. Sin embargo, en alturas, la media de los residuos es más pequeña, aunque el valor máximo es coincidente.

Por consiguiente, cualquiera de los métodos de transformación, cuyos parámetros son los que se muestran en las tablas 5 y 6, introducen unos errores máximos de 7 cm en planimetría y de 27 cm en altimetría, siendo éste último algo elevado.

Para el segundo método analizado, los parámetros del plano de ajuste para la transformación de alturas son:  $8,381 \times 10^{-5}$ ,  $1,31 \times 10^{-6}$ ,  $-50,7368$  m. El plano corta al eje Z de altura según el valor  $-50,7368$  y presenta unas inclinaciones respecto a los ejes X e Y de  $0^\circ 00'00,8''$  y  $0^\circ 00'48,0''$ .

De los datos indicados en las tablas precedentes, es preciso destacar que

Parámetros	Valor	r.m.s
$X_0$ (m)	0,0000	-
$Y_0$ (m)	0,0000	-
$Z_0$ (m)	0,0000	-
Traslación en X (dx) (m)	-36,8220	30,9282
Traslación en Y (dy) (m)	10,3907	11,5551
Traslación en Z (dz) (m)	560,0865	32,5974
Rotación de X ( $\alpha_1$ ) (")	1,02588	0,38299
Rotación de Y ( $\alpha_2$ ) (")	-13,23610	1,40698
Rotación de Z ( $\alpha_3$ ) (")	-2,62259	0,36329
Factor de escala (k) (ppm)	-31,6935	1,7284

**Tabla 5.- Parámetros de transformación según un Helmert 3D en la Zona Occidental.**

Parámetros	Valor	r.m.s
$X_0$ (m)	721.954,2362	-
$Y_0$ (m)	4.823.906,0059	-
Traslación en X (dx) (m)	0,0011	-0,0003
Traslación en Y (dy) (m)	0,0075	0,0075
Rotación de Z ( $\alpha_3$ ) (")	-0,04096	0,07039
Factor de escala (k) (ppm)	-31,5556	0,3413

**Tabla 6.- Parámetros de transformación según una transformación por etapas en la Zona Occidental.**

Parámetros	Valor	r.m.s
$X_0$ (m)	0,0000	-
$Y_0$ (m)	0,0000	-
$Z_0$ (m)	0,0000	-
Traslación en X (dx) (m)	26,0937	7,8485
Traslación en Y (dy) (m)	136,9732	15,3701
Traslación en Z (dz) (m)	437,9846	7,8521
Rotación de X ( $\alpha_1$ ) (")	-1,45710	0,38852
Rotación de Y ( $\alpha_2$ ) (")	-8,97658	0,26879
Rotación de Z ( $\alpha_3$ ) (")	0,53067	0,39243
Factor de escala (k) (ppm)	-24,1859	1,1465

**Tabla 7.- Parámetros de transformación para la Zona Central. Método: Helmert 3D.**

el factor de escala adquiere un alto valor, el mayor de los calculados para todas las zonas, lo cual puede ser debido a que la red está muy constreñida o que es muy estrecha. Asimismo, se aprecia que el giro respecto al eje Y toma un valor que resulta excesivo, pareciéndose al obtenido para la zona Oriental, como así se podrá comprobar en las tablas 9 y 10 que se expondrán más adelante.

### 3.3. Zona Central

En la Zona Central, el estudio se ha llevado a cabo teniendo en cuenta los datos procedentes de 19 puntos, ya que de los 21 observados, se han eliminado dos (202 y 217). Con la transformación Helmert 3D, los residuos planimétricos obtenidos en todos los casos son inferiores a 10 cm, con valores máximos en valor absoluto de 9,5 y 8,8 cm. en las direcciones X e Y, respectivamente. Por su parte, y como era de esperar, los residuos en altimetría son bastante mayores, triplicando los obtenidos en planimetría, ya que el valor máximo ha resultado ser de 29,3 cm. En la tabla 7 se muestran los parámetros de transformación obtenidos aplicando este método.

Por su parte, utilizando el método de transformación por etapas se puede decir que los residuos no mejoran respecto a los obtenidos con la transformación tridimensional sino que se mantienen en los mismos niveles, según lo que se puede observar en la tabla 8. Para las alturas, en esta transformación se define un plano inclinado  $0,0000364^\circ$  en la dirección Y,  $0,000124^\circ$  en la de X y que corta al eje Z en el valor -52,2258, presentando unos parámetros cuyos valores en metros han arrojado los siguientes resultados: 6,355 X10-5, 2,168 X10-5, 2,168 X10-5 y -52,2258 m.

De la misma forma que ocurre en el caso anterior, se aprecia una importante rotación del eje Y a consecuencia de la ondulación del geode en la zona. Sin embargo, el valor cercano a -24 ppm obtenido para el factor de escala, no debe ser considerado anómalo, porque es frecuente para toda la red geodésica asturiana.

### 3.4. Zona Oriental

La Zona Oriental ha sido estudiada utilizando once puntos de los catorce disponibles, ya que se ha prescindido de tres de ellos, concretamente los 204, 105y 107. Los parámetros de transformación obtenidos con los dos métodos utilizados se pueden ver en las tablas 9 y 10.

Del simple análisis de los mismos, se aprecia que los residuos planimétricos están por debajo de 10 cm. En la transformación Helmert 3D, el valor máximo es de 8,9 cm en dirección W-E, mientras que en la transformación por etapas, el residuo es de 8,7 cm en la misma dirección. Sin embargo, en dirección N-S los valores se reducen ligeramente, alcanzando 7,8 cm en la transformación Helmert 3D y sólo 6 cm en la transformación por etapas.

No ocurre lo mismo para la transformación de alturas, puesto que en la transformación tridimensional se llega a un valor de 44 cm y, además, en más de la mitad de los puntos los residuos son mayores de 20 cm, al igual que sucede con el método de transformación por etapas, aunque aquí la cota máxima del error llega a 61 cm.

Estos valores, que son evidentemente demasiado altos, pueden ser achacables a que en la zona oriental del Principado de Asturias, por su evidente estrechez geográfica, existe una fuerte variación del modelo de geoide, a lo que se debe añadir la obligada distribución de los puntos de la red, que han sido adoptados según una banda muy larga en dirección N-E pero que no tiene mucha extensión lateral en dirección N-S.

El plano que define la transformación de alturas está inclinado  $0,00111^\circ$  en dirección X,  $0,00567^\circ$  en dirección Y, y corta al eje Z en el punto  $-50,4581$  m, presentando unos parámetros cuyos valores son:  $9,897 \times 10^{-5}$ ,  $1,930 \times 10^{-5}$  y  $-50,4581$  m, respectivamente.

### 3.5. Errores tridimensional, planimétrico y altimétrico

A la vista de las escasas diferencias existentes entre la transformación

Parámetros	Valor	r.m.s
$X_0$ (m)	276.120,4250	-
$Y_0$ (m)	4.801.879,9206	-
Traslación en X (dx) (m)	-0,0001	-0,0019
Traslación en Y (dy) (m)	0,0094	0,0094
Rotación de Z ( $\alpha_3$ ) (")	-0,01230	0,10447
Factor de escala (k) (ppm)	-23,4802	0,5065

Tabla 8.- Parámetros de transformación según una transformación por etapas en la Zona Central.

Parámetros	Valor	r.m.s
$X_0$ (m)	0,0000	-
$Y_0$ (m)	0,0000	-
$Z_0$ (m)	0,0000	-
Traslación en X (dx) (m)	-63,3925	39,9218
Traslación en Y (dy) (m)	131,3655	17,5651
Traslación en Z (dz) (m)	575,3960	43,3423
Rotación de X ( $\alpha_1$ ) (")	-2,37039	0,53044
Rotación de Y ( $\alpha_2$ ) (")	-14,11915	1,87031
Rotación de Z ( $\alpha_3$ ) (")	-0,49275	0,43213
Factor de escala (k) (ppm)	-28,9198	1,7425

Tabla 9.- Parámetros de transformación para un Helmert 3D en la Zona Occidental.

Parámetros	Valor	r.m.s
$X_0$ (m)	333.433,0583	-
$Y_0$ (m)	4.810.082,8743	-
Traslación en X (dx) (m)	0,0011	0,0006
Traslación en Y (dy) (m)	0,0126	0,0126
Rotación de Z ( $\alpha_3$ ) (")	-1,14639	0,09545
Factor de escala (k) (ppm)	-28,8132	0,4628

Tabla 10.- Parámetros obtenidos en una transformación por etapas.

Helmert 3D y la transformación por etapas, que como se recordará se trata de una Helmert 2D y una transformación de alturas, se procedió a calcular para la transformación Helmert los errores tridimensional, planimétrico y altimétrico. Conceptualmente, el error tridimensional es el de la posición del punto en coordenadas cartesianas, y

se ha calculado mediante la expresión:

$$E_{trid.} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$$

Siendo:

$\Delta X$  = residuo en la dirección del eje X.

$\Delta Y$  = residuo en la dirección del eje Y.



DZ = residuo en la dirección del eje Z.

De la misma forma, para calcular el error planimétrico se ha aplicado la expresión:

$$E_{plan.} = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$$

En la que  $\Delta E$  y  $\Delta N$  representan los residuos en las direcciones E y N, respectivamente. En las tablas 11 y 12 se muestran los valores máximos, medio y desviación estándar de los errores obtenidos.

Basándose en los resultados expresados en la tabla 11, se puede decir que los parámetros de transformación obtenidos en cada zona, considerados de forma independiente, proporcionan unas coordenadas cuya precisión es aceptable en la mayoría de trabajos topográficos. A este respecto, se hace constar que los parámetros generales para la región permiten obtener coordenadas cuyos errores máximos son inferiores a 1m, que son válidos para gran parte de los trabajos cartográficos.

Si se separan la planimetría y la altimetría, los resultados mejoran. Para cada zona independiente, los errores planimétricos son del orden de 10 cm, sin embargo, con los parámetros calculados para todo el territorio asturiano, los errores superan este valor, llegando incluso a duplicarlo (23 cm). Por su parte, en altimetría los resultados son peores, circunstancia que en realidad era previsible.

#### 4. Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos, se puede ver la importancia que supone, en términos de precisión, la transformación entre el sistema WGS-80 y ED-50, a la hora de referir un trabajo GPS al sistema de referencia local vigente en España

Observando los resultados de los métodos empleados, no se recomienda ni el método de Interpolación ni el de transformación en una etapa. Por el contrario cualquiera de los otros dos métodos probados: Helmert y transformación en dos etapas (com-

Zona	Vértices	Valor máximo (m)	Media (m)	$\sigma$ (m)
Tres zonas unidas	36	0,659	0,242	0,133
Occidental	9	0,274	0,158	0,069
Centro	19	0,306	0,131	0,074
Oriental	11	0,443	0,216	0,116

Tabla 11.- Resumen de los errores tridimensionales, en m.

Zona	Vértices	Error planimétrico			Error altimétrico		
		Máx (m)	Media (m)	$\sigma$ (m)	Máx (m)	Media (m)	$\sigma$ (m)
Tres zonas unidas	36	0,232	0,115	0,065	0,620	0,191	0,149
Occidental	9	0,069	0,035	0,016	0,272	0,153	0,071
Centro	19	0,095	0,062	0,025	0,293	0,105	0,085
Oriental	11	0,095	0,060	0,029	0,436	0,203	0,121

Tabla 12.- Resumen de los errores planimétricos y altimétricos, dados en m.

binación de Helmert e interpolación de alturas) dan buenos resultados, aunque parece más adecuado utilizar el primero ya que es el que se utiliza de modo generalizado.

En cuanto a las precisiones, éstas son buenas, mejores que las obtenidas con los parámetros de transformación válidos para toda la península. Tanto es así que los errores máximos son del orden de los 25 cm en planimetría, y de 60 cm en altimetría cualesquiera que sean los parámetros de transformación considerados (Helmert 3D o transformación por etapas), lo que mejora los resultados respecto a las precisiones que se alcanzan con los parámetros propuestos por el IGN, generales y válidos para toda España. Al mismo tiempo, se recomienda utilizar preferiblemente los parámetros de transformación de cada una de las zonas ya que la precisión alcanzada es mayor; los errores, en planimetría son inferiores a 10 cm. Si se requieren precisiones mayores a éstas, se hace necesario obtener parámetros de transformación de manera local.

#### 5. Bibliografía

Aguilera Ureña, M.J; Meroño de Larriva, J.E.; Manzano Agugliaro F.; Colomer de la Oli-

va, I.; Manzano Agugliaro, G.: «Comparación de la precisión alcanzada al aplicar unos parámetros WGS-84(ED-50 calculados para Andalucía con los calculados a nivel provincial para Córdoba. Comparación con los métodos de transformación directos» Actas del XII Congreso Internacional de Ingeniería gráfica. Badajoz 2001. I.S.B.N. 84-699-5057-6

Dalda Monrón, A. «DGPS y levantamientos topográficos. Su empleo en actualización y control del Mapa Topográfico Nacional». MAPPING. Mayo 1997.

Hofmann-Wellenhof, B.; Lichtenegger, H.; Collins, J.: «Global Positioning System. Theory and Practice». Tercera edición revisada. Springer-Verlag, New York, 2001.

Leick A. «GPS Satellite Surveing». John Wiley & Sons. New York. 1995. ISBN: 0-471-30626-6.

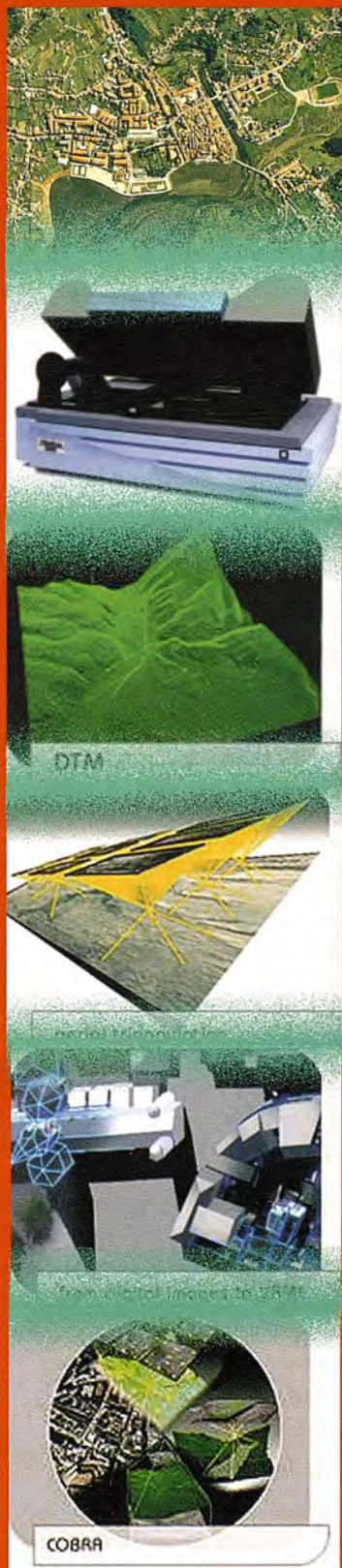
Puente Rodríguez, D.: «Utilización de los sistemas de posicionamiento global por satélite G.P.S. para la demarcación y deslinde de derechos mineros». Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo, 1997.

Puente Rodríguez, D.; Sánchez Fernández, B.; Cambor Ortiz, A.; Sáez García, E.: «Aplicación de la técnica de medición GPS a la triangulación de la Zona Central de Asturias». Topografía y Cartografía, vol XV, nº 86, pp46-52. Mayo-Junio, 1998.

Seeber, G.: «Satellite Geodesy, Methods and Applications». Walter Gruyter. Berlín-New York, 1993.

# gtb ibérica s.l.

GeoToolBox. Información Territorial



**gtb ibérica s.l.** actúa como suministradora de sistemas que abarcan el rango completo de la Fotogrametría, ofreciendo una poderosa y completa línea de productos y soluciones para los retos actuales de la Fotogrametría y sus campos derivados.

Integrada en el consorcio GeoToolBox, es distribidora de los productos de las más prestigiosas empresas internacionales del sector de la fotogrametría, como son **INPHO, DAT-EM y Vexcel Imaging**

**-Captura de imágenes:**

Escáner Fotogramétrico UltraScan 5000 Vexcel

**-Aerotriangulación digital automática:**

Match-AT



**-Ajuste de Bloques:**

PatB, PatM, inBlock

**-Modelos digitales del terreno:**

Match-T  
SCOP



**-Ortorectificación:**

OrthoMaster  
OrthoVista

**-Restitución digital y modelos urbanos:**

Summit Evolution  
Inject



**-Sistemas avanzados:**

Cobra

Por tanto, si sus necesidades son de inversión en un nuevo software y hardware fotogramétricos, como si se refieren a la consultoría de proyectos y servicios cartográficos en todos sus ámbitos, SIG y en general todo aquello relativo a la adquisición y gestión de datos territoriales, en **gtb ibérica s.l.** nos ponemos a su servicio



**gtb ibérica s.l.**

C/Felix Boix 14 - 5º B - 28036 Madrid

Tf: +34 91 345 55 98 , Fax: +34 91 345 27 13

Email: [info@gtbi.net](mailto:info@gtbi.net) web: [www.gtbi.net](http://www.gtbi.net)



## 5ª Semana Geomática «Cartografía, Telemática y Navegación»

A celebrar del 11 al 14 de febrero de 2003 en el Palacio de Congresos de la Fira Barcelona.

Esta 5ª edición de la Semana Geomática cubrirá todos los ámbitos de la Geomática y, además profundizará en la integración de las tecnologías de la Cartografía, la Telemática y la Navegación.

La fecha límite para la presentación de los resúmenes de los artículos por petición expresa de los ponentes ha sido aplazada hasta el día 29 de septiembre de 2002.

Podéis consultar toda la información del congreso en <<http://setmanageomatica.ideg.es/>>

Para más información:

Congreso 5ª Semana Geomática.  
Sra. Mónica Guardia  
Instituto de Geomática  
<http://setmanageomatica.ideg.es>  
[infosg@ideg.es](mailto:infosg@ideg.es) <mailto:infosg@ideg.es>

Programa técnico propuesto:

ÁREA PRINCIPAL: Cartografía, Telemática i Navegación

### P1: SISTEMAS DE NAVEGACIÓN: ESTADO Y PERSPECTIVAS

GPS y modernización  
GLONASS  
GALILEO  
GNSS  
Sistemas de radionavegación terrestres

### P2: SISTEMAS DIFERENCIALES Y AUMENTACIONES

DGPS: Actualidad, perspectivas, servicios, networks  
Sistemas de aumentaciones WAAS

Sistemas de aumentaciones LAAS

### P3: INTEGRACIÓN DE SISTEMAS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Comunicaciones móviles y sistemas integrados  
Comunicaciones satélite  
Sistemas integrados, navegación, telemática y localización  
Comunicaciones terrestres: GSM, GPRS y 3ª Generación

### P4: CARTOGRAFÍA NAVEGABLE Y ON\_DEMAND MAPPING

Obtención de información: Acceso, modelos, estructuración  
Presente y futuro de las tecnologías en cartografía navegable  
Aplicaciones Terrestres  
Aplicaciones Marítimas y Aéreas  
Web mapping, Mobile mapping

### P5: APLICACIONES\_1: Aplicaciones científicas

Gestión medioambiental  
Aplicaciones científicas, tiempo y frecuencia  
Meteorología  
Oceanografía

### P6: APLICACIONES\_2: Sistemas y servicios basados en la localización y la navegación

Traffic monitoring and management  
Control y gestión de flotas y mercancías  
Sistemas de emergencia  
Sistemas de ayuda a la navegación: Indoor navigation, on-board navigation

### P7: APLICACIONES\_3: Sistemas, servicios e interfaces

Human machine interface  
Carga de trabajo  
Ergonomía

Sistemas y servicios: Requerimientos del usuario final

### P8: ASPECTOS LEGALES E INSTITUCIONALES

El espacio radioeléctrico  
Estándares y formatos  
Servicios de certificación e integridad  
Estrategias de mercado

## ÁREAS GENERALES

### GN: GEODESIA Y NAVEGACIÓN

Navegación, posicionamiento y geodesia por satélite  
Posicionamiento inercial  
Redes geodésicas  
Topografía  
Gravedad y gravimetría  
Geodinámica, geofísica y sus aplicaciones

### TF: TELEDETECCIÓN Y FOTOGRA-METRÍA

Avances en el tratamiento unificado teledetección / fotogrametría  
Teledetección en áreas urbanas  
Experiencias con los nuevos sensores de alta resolución  
Sensores digitales aerotransportados  
Sinergia entre sistemas de navegación y de observación de la Tierra  
Detección y monitorización de cambios.

### CG: CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Infraestructura de datos espaciales  
Estándares y formatos en Cartografía y SIG  
Generalización automática  
Control automatizado de redes  
Geomarketing  
Actualización cartográfica

# 5<sup>a</sup> Semana Geomática

B a r c e l o n a

“Cartografía, Telemática y Navegación”

## Salón GlobalGeo

Fira Barcelona

11/14 Febrero 2003

### 5<sup>a</sup> Semana Geomática

Organizadores:

Generalitat de Catalunya  
Institut Cartogràfic de Catalunya

Escola Universitària  
Politécnica de Barcelona

Col·legi Oficial  
d'Enginyers Tècnics  
en Topografia  
CATALUNYA

INSTITUT DE  
GEOMÀTICA

Sesiones técnicas sobre Cartografía,  
Telemática y Navegación

Simposiums especializados

Premios “Jordi Viñas i Folch” y  
“Luís Martín Morejón”

### Salón GlobalGeo

Organizador:

Fira de Barcelona

Exposición de las principales empresas  
de la Geomática y la Geotelemática

**Fecha límite entrega de resúmenes: 29 de septiembre de 2002**

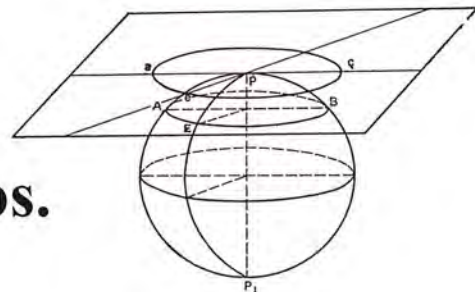
#### 5<sup>a</sup> Semana Geomática

Sra. Mónica Guardia  
Instituto de Geomática  
Av. del Canal Olímpic, s/n  
E-08860 Castelldefels  
Tel. +34 93 556 92 80, ext. 0203  
Fax +34 93 556 92 92  
e-mail: [infosg@ideg.es](mailto:infosg@ideg.es)  
<http://setmanageomatica.ideg.es>

#### Salón GlobalGeo

Sr. Jordi Freixas  
Fira Barcelona  
Av. Reina Ma. Cristina, s/n  
E-08004 Barcelona  
Tel. +34 93 233 26 31  
Fax +34 93 233 23 69  
e-mail: [jfreixas@firabcn.es](mailto:jfreixas@firabcn.es)  
<http://www.firabcn.es>

# Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Gestión de Recursos Cinegéticos. Caso Práctico de la Finca Alamedilla (Toledo)



Velilla Lucini, Cristina. Marín Ferrer, Carmen.  
Salinas González, Fco. Javier.

Dpto. de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.  
Expresión Gráfica. Universidad Politécnica de Madrid.  
Grupo Temático: Sistemas de Información Geográfica.

## 1. Resumen

El objetivo de este trabajo es utilizar las herramientas de generación de información y análisis espacial de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para optimizar la gestión de una finca con aprovechamiento agrícola y cinegético. Queremos destacar la aplicación a la explotación cinegética por su originalidad cuando se trabaja con escalas grandes. Dicha aplicación trata de resolver el problema de la ubicación de las posturas de ojeo al ser un factor decisivo en el éxito o fracaso de una jornada de caza de perdices. En la toma de decisiones se ha cumplido, como es lógico, la Ley y Reglamento de Caza de Castilla - La Mancha y se

ha defendido el modo de caza deportiva y no agresivo con el medio ambiente. Asimismo, y con el fin de respetar el ciclo biológico de las perdices, se incluye en este trabajo un análisis sobre la localización actual de los bebederos, determinando si cumplen su función de abastecer de agua a la población de perdices en una superficie dada y si su relleno se efectúa de forma eficiente.

En la toma de datos se ha obtenido en primer lugar la cartografía (altimetría y planimetría) de la finca mediante fotogrametría analítica, asegurando así la calidad de la información gráfica de partida. Esta cartografía se ha integrado en un SIG junto con la información

temática suministrada por la Propiedad a la que agradecemos su colaboración y asesoramiento. Asimismo, se ha generado una ortofotografía digital que se integrará también en el GIS como una capa raster que, además de ser una valiosa fuente de información temática y espacial, ofrece la posibilidad de digitalizar en pantalla y una eficiente visualización de los resultados finales.

Con toda la información gráfica y temática contrastada e integrada en el SIG, se ha utilizado la capacidad de estas herramientas informáticas para generar nuevos mapas y realizar análisis espacial. Tras rasterizar las capas vectoriales, se han realizado operacio-

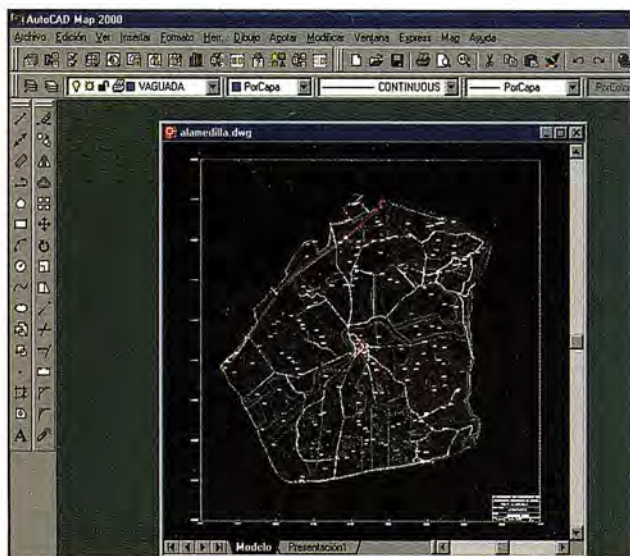


Fig. 1.- Cartografía restituida a escala 1/5.000

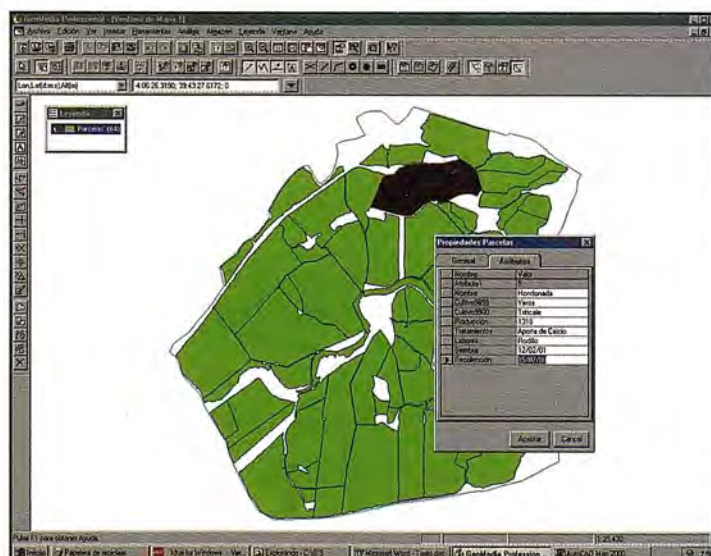


Fig. 2.- Información temática asociada a la información espacial.

nes de reclasificación, superposición, buffers, mapas de distancias, perfiles, análisis de cuencas visuales, todo ello para localizar lo más eficientemente posible los puestos de caza.

Para el estudio de los bebederos se han generado los polígonos de Thiessen y se va a determinar el trazado más idóneo para el relleno de los mismos con una cuba de capacidad dada.

Se quiere resaltar el interés de la aplicación expuesta en esta ponencia, ya que se combinan técnicas tan actuales y potentes como son la ortofotografía digital y el análisis espacial de los SIG, para dar solución a un problema real que no ha sido tratado hasta ahora, sin olvidar que se está trabajando siempre a escalas de ingeniería con la precisión que esto conlleva.

## 2. Introducción

Se está llevando a cabo en el Departamento de Ingeniería cartográfica un proyecto de documentación digital integral de varias explotaciones agrícolas y cinegéticas de las provincias de Toledo, Zamora y Valladolid, aunque este trabajo se centra exclusivamente en la finca Alamedilla de 900 Has situada en el Término Municipal de Mazarambroz (Toledo).

La Alamedilla tiene en la actualidad un aprovechamiento agrícola y cinegético. En lo que se refiere a los cultivos, se está realizando, en la mayor parte de la finca, la rotación trigo, cebada y yeros con un año de barbecho aunque en algunas parcelas se está cultivando girasol y veza. Además se han reforestado con encinas unas 40 Has durante los dos últimos años. En cuanto a la dedicación cinegética, es una finca declarada coto privado de caza en la que se practican las modalidades de caza menor de perdices en mano, ojeo y reclamo.

Como ya se ha dicho, el objetivo de esta ponencia es integrar la cartografía digital a escala 1/5.000 de la Alamedilla junto con la información temática en un SIG que permita optimizar todas las acciones que se realicen en la finca, tanto las obras y proyectos de

ingeniería (trazado de caminos, tendidos eléctricos, redes de riego...) como su propia gestión (inventarios, consultas, actualizaciones,...).

El Reglamento de Caza de Castilla - La Mancha establece en su artículo 46-i que «por cada 250 Has de terreno acotado no podrá celebrarse más de una jornada de ojeo de caza menor en una misma temporada cinegética...» En la Alamedilla esto se traduce en que no pueden celebrarse más de tres jornadas de ojeo de perdiz (en la Alamedilla se dan dos) por temporada. Alcanzar el éxito en estos tres días de caza será determinante para que la finca obtenga prestigio en la modalidad del ojeo con los beneficios que esto conlleva. A su vez, el éxito o fracaso de una jornada de caza va a depender en gran medida de la situación de los puestos de los cazadores (suponiendo que las actuaciones sobre la población de perdices hayan sido eficientes a lo largo de su ciclo biológico). Es por todo esto, que se ha planteado como problema fundamental determinar la localización óptima de los puestos de caza analizando las variables que se considera afectan al éxito o fracaso de una jornada de caza. La localización de las posturas de ojeo es el resultado del proceso de análisis de la información espacial de partida (curvas de nivel, carretera, caminos, edificaciones,...) y de la generada (modelo digital del terreno, mapa de pendientes, de orientaciones, de distancias...). Dichos resultados se presentan sobre la ortofotografía digital con la precisión de un documento cartográfico y la información temática de una fotografía.

## 3. Información de partida

### 3.1. Espacial

La cartografía se ha obtenido por restitución fotogramétrica a partir de un vuelo realizado ex profeso a escala 1/20.000 de una sola pasada que incluía otras dos fincas del mismo proyecto. Se han utilizado para La Alamedilla cuatro fotogramas, esto es tres modelos estereoscópicos con recubrimiento del 60%. Para apoyar el vuelo se levanta-

ron cinco puntos sobre el terreno y se complementó el proceso con aerotriangulación. Se restituyó a escala 1/5.000 con equidistancia de curvas de 2 m con un aparato analítico.

El resultado del proceso de restitución es un fichero vectorial en formato .dxf con las siguientes capas que importamos al programa Geomedia Pro de Intergraph: Alambrada, Alcantarilla, Arbol, Arboleda, Balsa, Camino, Carretera, Cota, Curva fina, Curva Gruesa, Edificación, Límite finca, Parcela, Poste eléctrico, Pozo, Río, Tapia, Vaguada.

Se complementó esta información gráfica con la localización actual de todos y cada uno de los bebederos.

### 3.2. Temática

La base de datos temática que se ha asociado a la información espacial, ha sido comunicada por la Propiedad de la finca y hace referencia a los siguientes aspectos:

- Parcelas: cultivos, producción, fechas de siembra y recolección, tratamientos fitosanitarios, labores, tipo de suelo...
- Maquinaria: averías, reparaciones, consumo, ...
- Información sobre la gestión agraria: costes fijos y variables, ingresos, beneficios, subvenciones de la Comunidad Europea,...
- Datos sobre la gestión cinegética: socios, días de caza, perdices abatidas por jornada,...
- Comportamiento de las perdices: se agrupan en las zonas altas de la finca cuando se las «molesta» y a partir de estos cerros emprenden el vuelo. Esta información temática se transforma a espacial superponiendo la altimetría a la orto y digitalizando en pantalla.
- Querencia de vuelo de las perdices: en dirección Oeste - Este, condicionada por la del viento.
- Pluviometría media mensual.



Fig.3.- Ortofotografía digital a escala 1/5.000.

## 4. Información generada

### 4.1. Ortofotografía digital

Se ha utilizado un escáner fotogramétrico para transformar el material fotográfico a imagen digital con una resolución de 21 (m. tras realizar las orientaciones interna, relativa y absoluta, se ha obtenido el modelo digital del terreno y se ha generado la ortofotografía a escala 1/5.000 que cubre la totalidad de la superficie de la finca.

Esta orto será en el SIG una capa en formato raster que permite la digitalización en pantalla.

### 4.2. Mapas derivados de la Ley y Reglamento de Caza de Castilla La Mancha

#### 4.2.1. Zonas de seguridad

«En relación con el ejercicio de la caza, se entiende por zona de seguridad aquella en la que deben adoptarse medidas precautorias especiales con el fin de garantizar la protección de las personas y sus bienes» (Art.61-1).

En la Alamedilla se consideran zonas de seguridad:

- La carretera que atraviesa la finca de Suroeste a Noreste por su límite izquierdo. «En las vías y caminos de uso público se prohíbe el uso de armas dentro de la zona de seguridad y en una faja de 50 metros de anchura que flanquee por derecha e izquierda a los terrenos incluidos en ella» (Art.64-2).
- La red de caminos interiores. Aunque no es de uso público y por lo tanto no le afecta la Ley, se va a considerar una faja de 10 m para evitar posibles accidentes.
- Los dos arroyos que atraviesan la finca, uno de oeste a este y otro coincidiendo con su límite oriental. «En las aguas públicas con sus cauces y márgenes, con carácter general se permite el uso de armas para cazar... no obstante cuando concurren circunstancias especiales, basadas particularmente en la afluencia de público de modo permanente o temporal, la autoridad gubernativa o la Consejería podrán limitar o prohibir la caza en estos lugares...» (Art.62-3). Se va a considerar una zona de protección de 50 m alrededor de los arroyos en todas las direcciones.
- Las zonas habitadas. «Cuando se trate de edificios rurales aislados rurales, los límites de la zona de seguridad serán los propios límites de

dichos edificios ampliados en una faja de 100 m en todas las direcciones (Art.65-5).

- El límite exterior de la finca. Aunque la Ley no lo contempla, se establece una faja de 50 m en todas las direcciones.

#### 4.2.2. Caza deportiva

«Constituye la caza una actividad que debe mantenerse, fomentarse y mejorarse pero reordenando el aprovechamiento... Debe plantearse como una necesidad de ocio para satisfacer una afición deportiva de manera racional para no alterar los equilibrios naturales» (Exposición de motivos de la Ley de Caza y Reglamento de Castilla - La Mancha).

Obedeciendo a los principios inspiradores de la Ley de Caza, (conservación de la naturaleza, caza deportiva y actividad económica generadora de empleo) se va a considerar como variable para determinar la posición de las posturas de ojeo, la dificultad de tiro, variable que se va a reflejar en la mayor o menor visibilidad de los cazadores a los ojeadores. Se controlará esta variable mediante el análisis de cuentas visuales, clasificando los puestos y las posturas según el grado de dificultad de tiro, rechazando incluso puestos que aún cumpliendo el resto de los condicionantes establecidos, tengan excesiva visibilidad y por lo tanto no promuevan la caza deportiva.

#### 4.2.3. Medidas precautorias de seguridad

«Consiste el ojeo en batir un terreno por ojeadores sin perros para que la caza pase por una línea de cazadores apostados en lugares fijos» (Art.45-2). «En los ojeos de caza menor, se colocarán los puestos de modo que queden protegidos de los disparos de los demás cazadores, procurando aprovechar a tal efecto los accidentes del terreno» (Art.47-3)... «deberán colocarse los puestos distanciados por lo menos, 30 metros unos de otros» (Art. 47-4).

En relación a estos artículos se va a prestar especial atención a los puestos que queden enfrentados en una vaguada a una distancia horizontal in-

**COMPRUEBE EN QUÉ NOS DIFERENCIAMOS**

*Venta y Alquiler de material para topografía  
G.P.S. Alquiler, Venta y Asesoramiento  
Servicio Técnico, Reparación, Mantenimiento  
Calibración y Certificación*

*La Técnica, S.A.  
Servicios Topográficos*

*Gabinete Topográfico  
Restitución Fotogramétrica  
Aplicaciones Informáticas  
Cursos de Formación*



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





Fig.4.- Zonas de seguridad de la Alamedilla.

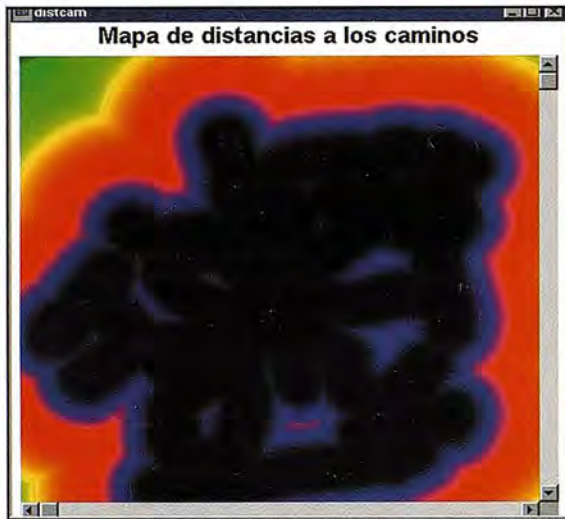


Fig. 5.- Mapa de distancias a los caminos.



Fig. 6.- Mapa de distancias a los caminos reclasificado.

ferior al alcance de los proyectiles que se estima en 40 m. Además, y por voluntad de la Propiedad se aumenta por seguridad de los cazadores la distancia mínima de separación entre puestos a 50 m.

Teniendo en cuenta la propia definición del ojeo y con el fin de optimizar los recursos cinegéticos, se va a procurar que las zonas batidas por los ojeadores sean lo más homogéneas posibles en cuanto a superficie, estableciendo además el orden de acceso a las posturas finalmente obtenidas de forma que el desplazamiento de las perdices en una dirección, cuando se está cazando en una determinada postura, no interfiera en el éxito o fracaso de las restantes.

### 4.3. Mapa de distancias a los caminos: acceso de los cazadores a los puestos

Teniendo en cuenta que el acceso a los puestos es en coche se considera

como factor limitante la distancia de los puestos a caminos transitables, estableciendo que la distancia máxima del camino al puesto es de 250 m.

### 4.4. Número de cazadores por postura de ojeo

Tradicionalmente, el número de cazadores por postura de ojeo varía de 8 a 14. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que 12 es el óptimo por lo que tomaremos este número para todas las posturas de ojeo propuestas. Teniendo en cuenta además la restricción de dejar al menos 50 m de distancia entre puestos, son necesarios 550m para ubicar una postura de 12 puestos formando un suave arco hacia los ojeadores.

### 4.5. Comportamiento de las perdices

#### 4.5.1. Querencia de vuelo

Condicionada por la dirección del viento, la querencia del vuelo de las perdi-

ces en la finca Alamedilla es de Oeste a Este. Se colocarán, siempre que sea posible, las posturas perpendicularmente a esta dirección.

#### 4.5.2. Agrupamiento de las perdices en las zonas altas de la finca

Después de muchos años observando a las perdices, se tienen datos acer-



Fig. 7.- Buffers alrededor de los cerros.



Fig.8.- Zonas aptas para situar las posturas de ojeo.



Fig. 9.- Modelo digital del terreno.

ca de su comportamiento cuando se las «molesta». La tendencia es que mientras los ojeadores avanzan, estas aves acuden dando saltitos a las zonas altas de la finca desde donde emprenden seguidamente el vuelo. Por esto, es razonable situar los puestos a una distancia suficientemente grande como para sorprender a los cazadores y dificultar el tiro, pero tratando de que pase el mayor número posible de perdices por encima de la línea de los cazadores.

Para transformar esta información puramente temática en información espacial, se han digitalizado en pantalla los cerros donde se juntan las perdices en los días de caza. Esta información espacial se ha rasterizado y se han generado alrededor de estas zonas elevadas unos buffers de 150 m, distancia mínima para situar las posturas de ojeo.

#### 4.6. Mapa final de las zonas óptimas de localización de las posturas de ojeo

El mapa final de las zonas óptimas de ubicación de las posturas de ojeo es el resultado de la superposición (overlay) de los mapas intermedios que recogen cada una de las restricciones consideradas.

#### 4.7. Modelo digital del terreno

A partir de la rasterización de la información altimétrica, esto es curvas de nivel y puntos de cota, se ha genera-

PUESTO	X	Y	Z	PUESTO	X	Y	Z
1	405761	4398072	651.1	7	405769	4397771	662.2
2	405766	4398022	652.0	8	405761	4397721	664.4
3	405770	4397972	656.8	9	405744	4397637	671.5
4	405774	4397922	659.1	10	405731	4397587	672.0
5	405777	4397872	662.3	11	405718	4397538	667.5
6	405775	4397821	665.6	12	405703	4397489	663.8

Tabla 1. Coordenadas de los puestos correspondientes a la postura 1.

	Postura 1	Postura 2	Postura 3	Postura 4	Postura 5
Superficie batida	144 Has	132 Has	163 Has	101 Has	140 Has

**Tabla 2. Superficies batidas en cada postura por los ojeadores.**



**Fig. 10.- Posturas de ojeo propuestas.**



**Fig. 11.- Detalle de la localización los puestos correspondientes a la postura 1.**

de las posturas de ojeo analizando así la posición relativa de un puesto respecto a los demás y rechazar aquellas posturas que debido a la presencia de vaguadas representen un peligro para los cazadores por no estar los puestos a una distancia horizontal mínima de 50 m que es la distancia de seguridad establecida.

## 5. Resultados sobre las posturas de ojeo

Se proponen cinco posturas de ojeo (cifra óptima en una jornada cinegética) que cubren la totalidad de la superficie de la finca. Los puestos que las definen cumplen todas las condiciones, en cuanto a la seguridad de las personas y bienes de la finca y a los requisitos para alcanzar el éxito en una jornada de caza deportiva. De cada postura de ojeo se da a conocer:

1. El orden de las posturas de ojeo a lo largo de la jornada de caza.
2. Recorrido y superficie batida por los ojeadores. La función de los ojeadores es cercar la caza y llevarla sin espantarla hasta la línea de los cazadores. Se ha procurado que las superficies batidas por los ojeadores en cada uno de los puestos sean lo más homogéneas posibles. Se tendrá en cuenta que «los ojeadores no deberán acercarse a menos de 50 m de las posiciones de tiro de los cazadores..» (art. 47-5).
3. Las coordenadas de todos y cada uno de los puestos que la componen así como su localización sobre la ortofoto lo que facilita la identificación y la ubicación exacta de los mismos en el terreno mediante la identificación de elementos reales.
4. El perfil topográfico de las distintas posturas.

do el modelo digital de elevaciones en formato raster con un tamaño de píxel de 2 m al igual que el resto de los mapas generados anteriormente.

Derivados de este mdt se han obtenido los mapas de pendientes y de orientaciones, información muy valiosa en cualquier obra o proyecto de ingenie

Este mapa de elevaciones se va a utilizar para analizar las cuencas visuales de los posibles puestos con el fin de elegir aquellas posturas que promuevan la caza deportiva, es decir que tengan menor visibilidad.

Asimismo se utilizarán los datos de la altimetría para trazar los perfiles



Fig. 12.- Superficies batidas por los ojeadores en cada postura.

5. La calificación de cada uno de los puestos en función de la dificultad de tiro.

Como ejemplo se adjuntan únicamente resultados referentes a la postura 1 así como los mapas finales que recogen la localización de las cinco posturas de ojeo sobre la orto digital y la superficie batida por los ojeadores en cada postura

### 6. Análisis de la situación actual de los bebederos

Una vez localizadas las posturas de ojeo, se ha complementado el trabajo con un análisis sobre la situación de los bebederos ubicados en la finca. Se establece como factor determinante la restricción de que cada uno de ellos debe cubrir una superficie de 20 Has,

cifra que garantiza el abastecimiento de agua de las perdices en esa zona. Esto supone un total de 45 bebederos en las 900 Has. Actualmente, hay 41 repartidos por toda la superficie de la Alamedilla. Por lo tanto, se puede decir que en principio, el número de bebederos es óptimo incluso excesivo si descartamos la superficie no útil (viviendas, límite...). Así pues, se va a centrar el análisis en determinar mediante la generación de los polígonos de Thiessen si es correcta la posición actual de los bebederos.

Además hay que tener en cuenta otra serie de factores tales como:

- La proximidad de arroyos: se distinguirá, en función de la pluviometría, entre años de lluvia abundante o de sequía. Si el arroyo lleva agua se establecerá un buffer para evitar poner bebederos en zonas ya abastecidas.
- Límite de la finca: hay que evitar que las perdices se aproximen al límite exterior ya que esto puede suponer un desplazamiento de las aves a fincas colindantes.
- Caminos de uso público (no es el caso de la Alamedilla): los cazadores furtivos pueden actuar aprovechando las servidumbres de paso. Sin embargo también hay que tener en cuenta, que la proximidad a los caminos transitables es un factor

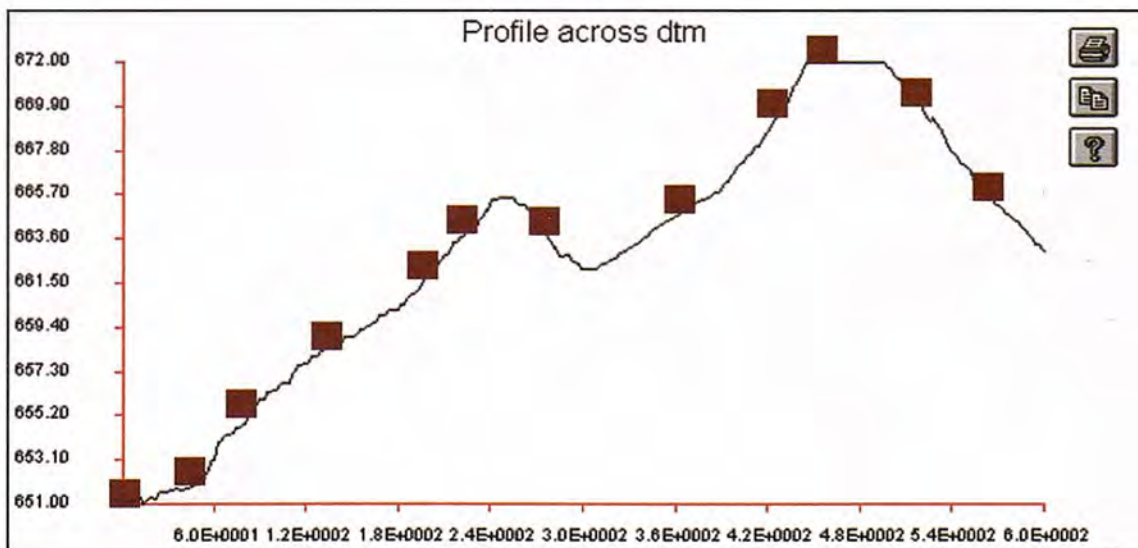


Fig. 13.- Perfil de la postura 1 con los 12 puestos.

deseable porque facilita el rellenado de los bebederos.

- Cercanía de encinas, majanos,... que sirven de protección a los perdigones de las rapaces y otros animales. En la medida de lo posible se evitarán zonas muy despejadas que dejan a las perdices al descubierto. En cualquier caso, es recomendable cubrir los bebederos con chamizos.

Actualmente se está trabajando en esta aplicación y a día de hoy se puede confirmar que la localización ac-

tual de los bebederos no es óptima. Hay bebederos que están demasiado próximos y zonas totalmente desabastecidas. El resultado que se persigue es la propuesta de una nueva localización de todos y cada uno de los bebederos necesarios sobre la ortofoto digital así como sus coordenadas.

## 7. Conclusiones

En esta comunicación, se da a conocer una aplicación cinegética de los GIS utilizando ortofoto digital y car-

tografía a escala 1/5.000. Se ha visto como estas herramientas permiten resolver todas aquellas dificultades que se plantean en un coto de caza menor. Los resultados aquí expuestos en lo que concierne a las posturas de ojeo, han sido testados y se ha alcanzado la cifra de 350 perdices abatidas por día de ojeo, lo que confirma la bondad de la metodología. Es por esto que el departamento sigue trabajando en esta línea, para ampliar el campo de aplicación a la modalidad de caza mayor, concretamente en una finca de la provincia de Badajoz de más de 1200 Has.

## Sistema de control de nivelación 3D totalmente automático con GPS

Topcon ha combinado el sistema más conocido del mundo de control de maquinaria con la tecnología GPS más avanzada para crear el primer sistema del mundo totalmente automático para controlar maquinaria de nivelación (motoniveladoras y/o dozer) en 3D mediante satélites. El sistema se ha diseñado para aumentar significativamente la productividad eliminando prácticamente la necesidad del estaquillado continuo tan habitual en la ejecución y control de este tipo de nivelación con estas máquinas.

Mediante la combinación del seguimiento de señal GPS con los datos en formato digital del plano de la zona a ejecutar, el sistema Topcon 3D-GPS permite al conductor de la máquina nivelar o ejecutar cualquier superficie proyectada con una precisión de unos pocos centímetros. El programa tiene la capacidad de contener uno o varios ejes, e incluye una función de modelo digital del terreno (MDT) que permite visualizar el proyecto a ejecutar en la misma cabina. La pantalla instalada en la cabina, muestra la situación de la máquina en tiempo real en la zona de trabajo y sobre el modelo del terreno a nivelar, dando al conductor la información de la altura o cota de proyecto, el peralte a ejecutar, la inclinación actual de la cuchilla y la diferencia de altura



o cota para alcanzar la proyectada, operando la máquina de modo tanto manual como automático.

El sistema Topcon 3D-GPS permite también al conductor que lo calibre rápidamente y que se sitúe en el lugar de trabajo sin necesidad de disponer de hardware adicional (estación total,...). Si se añaden unos pocos elementos accesorios, se consigue que muchos de los componentes del sistema se puedan aprovechar para disponer de un sistema GPS independiente para realizar levantamientos o replanteos topográficos en múltiples aplicaciones.

El sistema tiene como base una serie de sensores que forman el llama-

do System Five de Topcon, y que consiguen un posicionamiento automático de la cuchilla que proporciona un acabado suave y preciso gracias al control hidráulico completamente proporcional y a los avanzados sensores de corrección del peralte transversal. Además el sistema es totalmente compatible con los equipos de control de nivelación de maquinaria 3D de alta precisión controlados con Estación Total (llamados LPS) o con los tradicionales sistemas añadiendo un receptor láser o sensores de ultrasonidos.

Para información específica, contactar con Topcon en cualquiera de sus oficinas, o consultar en [www.topcon.com](http://www.topcon.com).

# MDT Versión 4: Potencia y Facilidad de Uso



Francisco Navarrete Mandly.  
TCP Informática y Topografía.

*TCP Informática y Topografía presenta esta nueva versión de su producto orientado a la Topografía e Ingeniería Civil, con importantes novedades y mejoras tecnológicas*

Esta nueva versión pretende dar respuesta a las sugerencias y necesidades de sus más de 3.000 usuarios registrados en 30 países, desde el profesional independiente y la pequeña empresa hasta las administraciones públicas y las grandes empresas constructoras.

**MDT4** funciona con todas las versiones de la familia de AutoCAD 14 y 2000/2000i/2002, incluyendo Autodesk Map y Architectural Desktop, en Windows 9X, Me, NT, 2000 y XP. Como importante novedad destaca la compatibilidad con AutoCAD LT 2000/2000i/2002, de forma absolutamente legal.

La capacidad de las aplicaciones es virtualmente ilimitada, sin más restricciones que las del propio sistema del usuario. Se han mejorado también las opciones de presentación de gráficos y listados, que pueden además ser generados en HTML, Word o Excel.

Se han ampliado notablemente los formatos de conversión de archivos de puntos, ejes, rasantes y perfiles, que pueden ser descargados a través de la web. Además se ha incorporado LandXML, nuevo estándar mundial para el intercambio de datos de proyectos topográficos creado por empresas como Autodesk, Bentley o Trimble, habiendo colaborado TCP-I.T. en su definición.

## Levantamientos Topográficos

Los puntos topográficos dejan de ser bloques con atributos y pasan a ser objetos inteligentes, que pueden ser borrados o movidos con cualquier comando de AutoCAD, mejorando además notablemente la velocidad de dibujo. Los puntos también pueden ser dibujados en cualquier capa, organizados en grupos y gestionados más eficazmente.

La definición de líneas de rotura pueden ahora estar definidas en 2D o 3D, y además se incorporan herramientas para modificarlas fácilmente, así como para verificar posibles errores de cruces, incongruencias, etc.

La creación de superficies es uno de los aspectos en los que más ha aumentado la potencia y flexibilidad del programa. Para cada dibujo pueden definirse tantas superficies como se deseen, siendo controladas por un gestor. Éstas se construyen a partir de puntos, líneas de rotura o curvas de nivel, de forma extremadamente rápida. La generación del MDT a partir de curvas incorpora controles para eliminar triángulos planos, aumentando la fidelidad del resultado al terreno original.

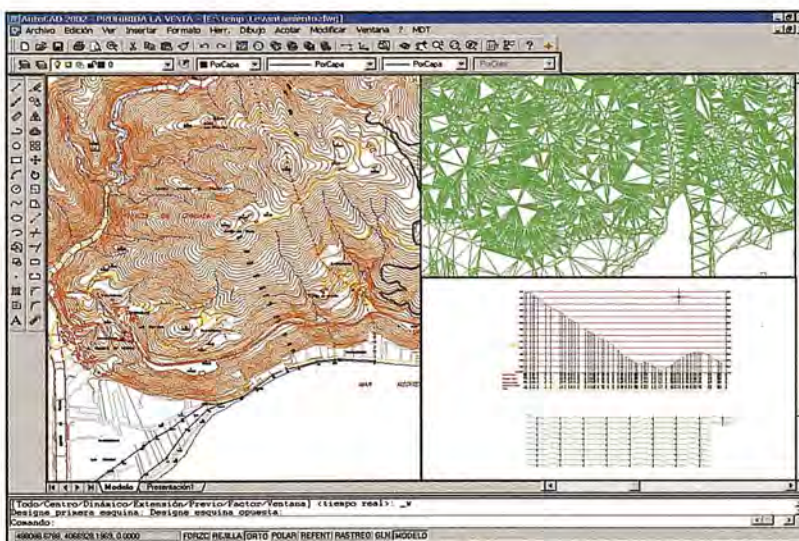
**MDT4** incorpora etiquetado inteligente de curvas de nivel, de forma que los textos no corten las curvas. También se han implementado nuevos e interesantes comandos para la edición de cartografía, como interpolación de curvas sin necesidad de modelo, generalización, filtrado y suavizado por diferentes algoritmos, recorte y unión de curvas, verificación de cotas, importación de ficheros de cartografía de otros formatos, etc.

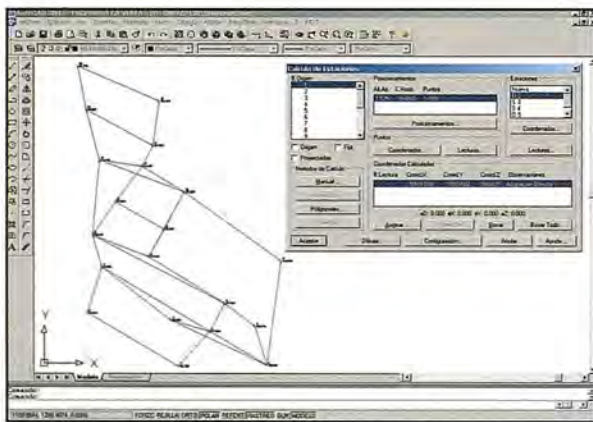
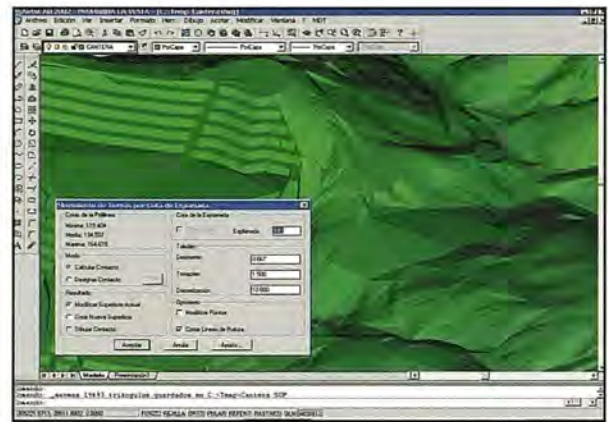
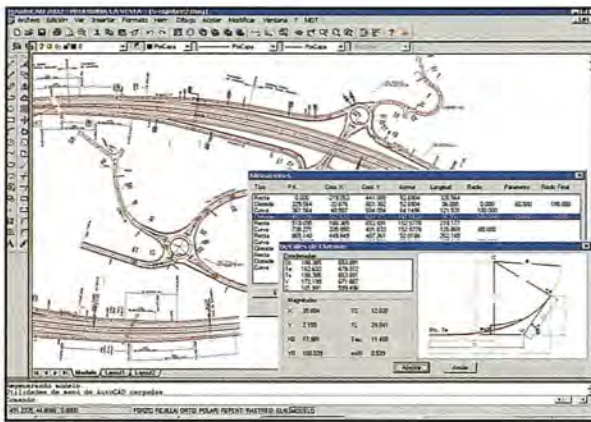
**MDT4** obtiene los perfiles longitudinales y transversales a partir de modelo digital, cartografía digitalizada o mallas. El programa ofrece múltiples opciones para la personalización del dibujo, desde la definición de guirras hasta la inserción automática de bloques en el dibujo.

Mediante un nuevo módulo de parcelas es posible dibujarlas de forma asistida y calcular automáticamente divisiones en función de la superficie deseada por diversos métodos, así como ser acotadas, generar informes de sus características, etc.

## Movimientos de Tierras

Entre las prestaciones de MDT4 destaca la creación de explanadas a par-





tir de sus límites o de los contactos con el terreno. Mediante el uso de superficies pueden fácilmente calcularse balsas, canteras y otros proyectos de edificación, minería, etc.

Para el cálculo de los volúmenes pueden emplearse los métodos de diferencia de perfiles, de mallas o de superficies, especificando factores de esponjamiento y compactación y con representación gráfica y justificación numérica.

El resultado puede representarse como una malla tridimensional o mediante sólidos con asignación automática de materiales. También pueden dibujarse mapas de alturas, pendientes, orientación, etc. Como curiosidad, es posible generar los anaglifs de las curvas de nivel resultantes, de forma que pueda visualizarse el terreno en relieve mediante gafas especiales.

## Carreteras o Urbanizaciones

La versión profesional de MDT4 incluye un potente módulo para el di-

seño de alineaciones. Éstas pueden ser construidas dibujando elementos de tipo recta, curva o clotoide sueltos y aplicando posteriormente los comandos para calcular las transiciones entre ellos. También puede emplearse la librería de alineaciones, de forma que se insertan en el dibujo los grupos de elementos

más habituales. Con las alineaciones pueden generarse los peraltes y sobrecargos en función de la velocidad específica de proyecto y la normativa de la Instrucción de Carreteras.

La rasante se define gráfica o numéricamente, incluyendo acuerdos verticales circulares o parabólicos, con control de solapes y edición interactiva.

La definición de secciones tipo es muy potente a la vez que fácil de usar. Con la definición vectorial de las plataformas pueden diseñarse secciones urbanas o de carreteras o autopistas, con o sin mediana. También es posible definir las condiciones de aplicación de los peraltes. Los taludes pueden constar de uno a varios vectores, con o sin berma, y considerando su aplicación en función de las cotas del terreno o la geología. Por último, es posible definir diferentes capas de firme con sus materiales, así como refuerzos. Opcionalmente se establecen la geología, muros, estructuras, etc.

Todos los componentes que conforman cada vial son integrados en un

solo fichero, que nos permite generar los perfiles para obtener el dibujo de los perfiles de proyecto, listados de áreas y volúmenes, mediciones de transversales, mediciones de capas de firme, diagramas de masas, etc. También puede visualizarse un recorrido para calcular las transiciones entre ellos. También puede emplearse la librería de alineaciones, de forma que se insertan en el dibujo los grupos de elementos

MDT4 incorpora funciones para el replanteo de puntos individuales, puntos a lo largo de un eje, líneas y capas individuales. Mediante el control de obras y la cubicación rápida puede también obtenerse rápidamente información muy útil para el desarrollo del proyecto.

## Topografía

El módulo opcional de Topografía permite de una forma muy sencilla convertir los ficheros procedentes de estaciones totales y libretas electrónicas de los formatos comerciales más habituales. Mediante un cómodo editor pueden depurarse los datos para eliminar observaciones repetidas, erróneas, etc.

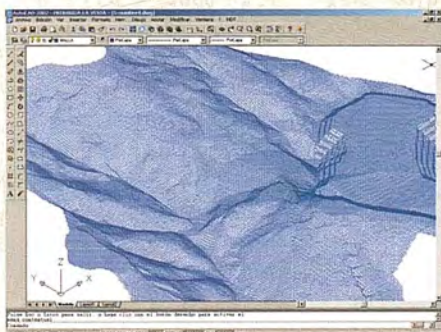
Una vez convertidos los datos pueden realizarse compensaciones de poligonales o redes por mínimos cuadrados y otros métodos. También es posible ejecutar transformaciones de sistemas de coordenadas (UTM y otras proyecciones) Helmert, afín, siete u ocho parámetros, etc.

Es la primera aplicación de este sector compatible con AutoCAD LT. Incorpora el nuevo estándar LandXML para intercambio de información de proyectos topográficos. Pueden realizarse proyectos de levantamientos, movimientos de tierra y carreteras y autopistas.

# ¡ Nuevo Producto !

**Soluciones para Topografía e Ingeniería Civil en AutoCAD®**

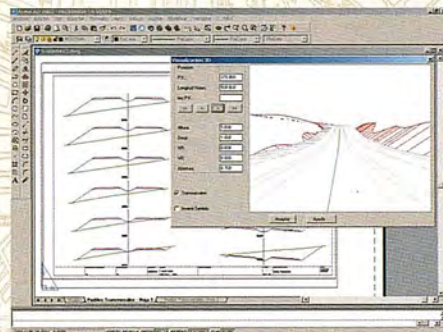
# TCP Modelo Digital del Terreno Versión 4



**Mediciones de firme**

**Recorrido virtual**

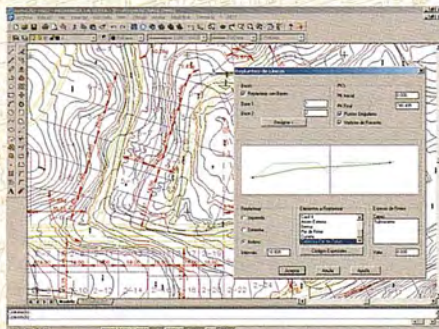
**Puntos inteligentes**



**Gestor de proyectos**

**Múltiples superficies**

**Edición de cartografía**



**Cubicación rápida**

**Secciones de autovía**

**Parcelación**

**Ahora compatible con AutoCAD® LT**



**Le ayudamos a hacer su trabajo más fácil**

TCP Informática y Topografía

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

**autodesk**  
authorized developer







## **MILIARIUM INNOVA , NUEVO DEPARTAMENTO DE I+D+I DE MILIARIUM.COM**

*En Castilla León ya cuenta con oficinas*

Miliarium.com, portal vertical de ingeniería civil y medio ambiente, ha creado Miliarium Innova, una nueva división de I+D+I desde el que llevarán a cabo importantes proyectos tecnológicos relacionados con el medioambiente.

El objetivo de este departamento es promover el desarrollo de diversos proyectos de I+D+I de gran envergadura, orientados al cálculo y modelización de procesos medioambientales que puedan ser ejecutados a través de Internet.

A este respecto, Enrique Oromendía, Responsable del portal Miliarium.com, ha declarado «La principal función de Miliarium.com es la prestación de servicios de información, documentación y formación a los sectores de ingeniería civil y medio ambiente. La creación de esta nueva división se enmarca en nuestra filosofía de desarrollar contenidos cada vez más especializados que permitan al técnico mejorar la competitividad y rentabilidad de su actividad profesional, aprovechando al máximo las prestaciones que le ofrecen los servicios de internet».

La división Miliarium Innova ya ha puesto en marcha su primer proyecto, el estudio de la contaminación difusa de origen agrícola, industrial y ganadero en Castilla León. El proyecto permitirá identificar fuentes productoras de nitratos, que plantean un problema de contaminación de singular importancia en el entorno rural, mediante la utilización de técnicas

isotópicas, modelos de simulación y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Para la realización de este proyecto, que tiene una duración estimada de dos años, y un presupuesto cercano a los 500.000 euros, Miliarium Innova contará con una subvención de la Agencia de Desarrollo Económico de la Junta de Castilla y León y del Programa Torres Quevedo del Ministerio de Ciencia y Tecnología, que cubrirán el 40% de la inversión.

Con el fin de alcanzar los resultados previstos, Miliarium.com ha incorporado a dos doctores investigadores de reconocida experiencia en los campos de Geología y Biología respectivamente, que desarrollarán su trabajo desde las nuevas oficinas abiertas en Castilla León.

Miliarium Innova está promoviendo, igualmente, otros proyectos de investigación en el campo de las nuevas tecnologías aplicadas a la ingeniería civil y el medio ambiente. Para su desarrollo ha firmado recientemente un acuerdo marco con la Fundación Agustín de Betancourt de la Universidad Politécnica de Madrid, y tiene en curso otros de idéntico alcance con diferentes Universidades, no descartándose su presentación a alguno de los diferentes programas de investigación tanto nacionales como comunitarios.

## **MILIARIUM.COM OFRECE SOFTWARE TECNICO PARA EL USO DE CONSTRUCTORAS, ARQUITECTOS E INGENIEROS**

MILIARIUM AUREUM S.L. es una compañía que se creó en febrero de 1999 con un objetivo muy claro: dar servicios a través de internet a los sectores

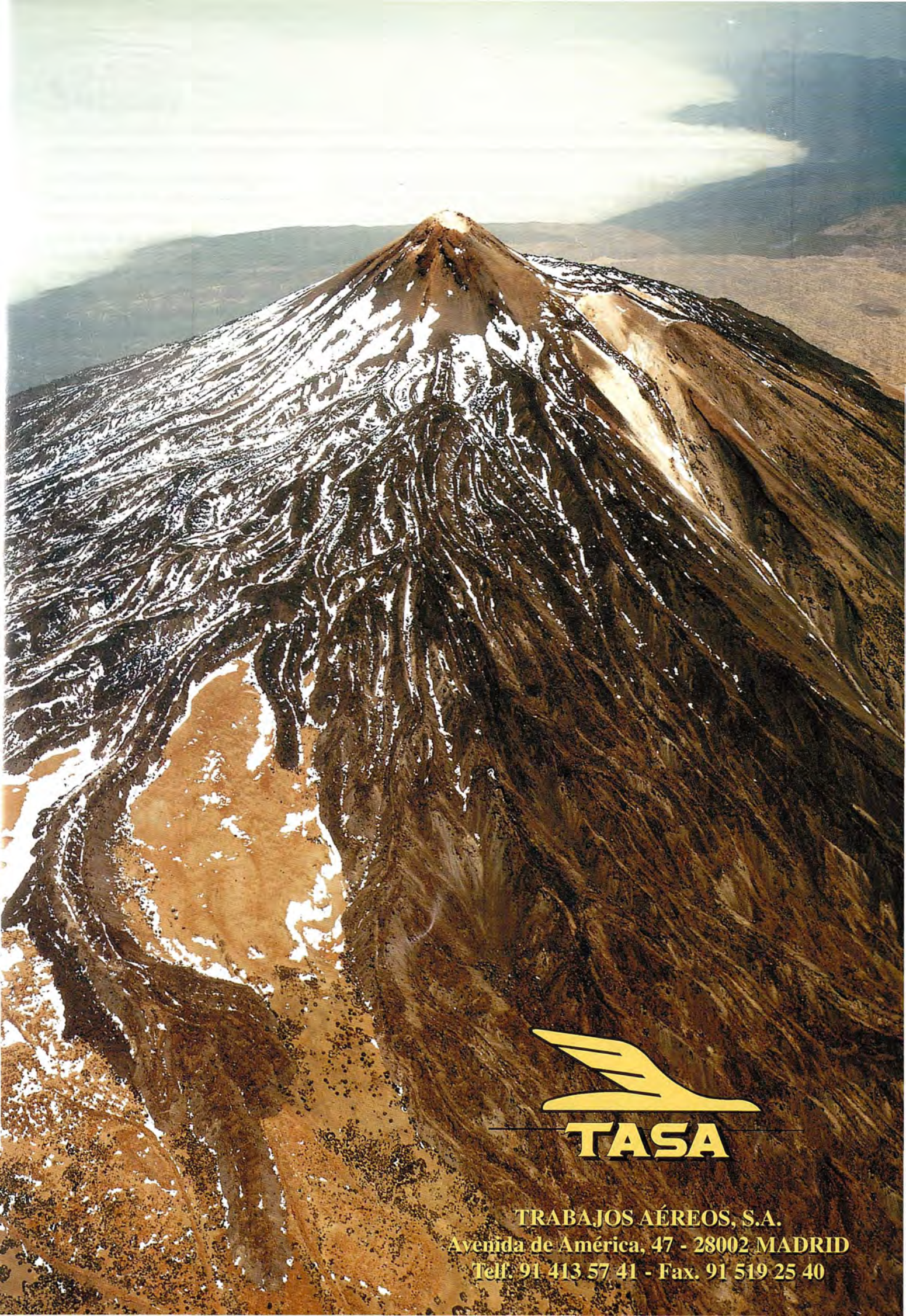
de ingeniería civil, construcción y medio ambiente. Para ello crearon el portal Miliarium.com, con vocación de convertirse en el punto de referencia y de consulta tanto a nivel técnico como legislativo del sector.

Miliarium.com cuenta con varias secciones: Bibliografía y Documentación, Proyectos Tipo, Software Técnico, Prontuario Tecnológico, Directorio Comercial, Licitaciones y Concursos, Normativa y Legislación, Formación, Empleo, Noticias Sectoriales, Organismos Oficiales, Servicios y Vínculos de interés.

A través de la sección de Prontuario Tecnológico, Miliarium.com proporciona software técnico en línea para el uso de las constructoras, arquitectos e ingenieros. La sección dispone de programas diseñados para ser ejecutados desde internet, entre los que se incluyen herramientas para el diseño y cálculo de estructuras, instalaciones de edificación y eléctricas, diseño arquitectónico, mediciones y presupuestos... así como todo lo relacionado con la seguridad y prevención de riesgos laborales, tema de candente actualidad.

Los programas han sido desarrollados haciendo uso de aplicaciones sencillas basadas en guiones JavaScript y applets Java, compatibles con todo tipo de explorador; y permiten la consulta interactiva desde el propio programa a toda la normativa técnica que afecta a cada cálculo concreto.

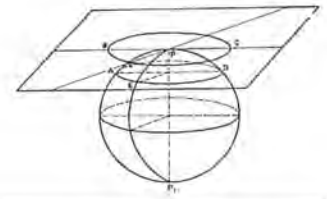
Con un ordenador portátil y un teléfono móvil con acceso a internet, el arquitecto o ingeniero puede realizar los cálculos más sofisticados al pie mismo de la obra más remota, disponiendo al propio tiempo de acceso a toda la documentación complementaria requerida para su actividad profesional.



**TASA**

TRABAJOS AÉREOS, S.A.  
Avenida de América, 47 - 28002 MADRID  
Telf. 91 413 57 41 - Fax. 91 519 25 40

# Noticias



## FIRA DE BARCELONA CREA GLOBALGEO, UN NUEVO SALÓN PROFESIONAL DEDICADO A LA GEOTELEMÁTICA

*La celebración del certamen, que coincidirá con la 5ª Semana Geomática de Barcelona, tendrá lugar del 11 al 13 de febrero de 2003*

Fira de Barcelona amplía su número de salones profesionales con la creación de un nuevo certamen monográfico, el Salón Internacional de la Geotelemática, GlobalGeo, cuya primera edición tendrá lugar del 11 al 13 de febrero de 2003 en el recinto ferial de Montjuïc 1.

GlobalGeo agrupará la oferta del sector de la geomática y geotelemática, dedicados al estudio de la geografía, topografía, cartografía, así como al desarrollo e investigación de sistemas de control y localización a través de tecnologías informáticas y de telecomunicaciones.

Con la creación de este salón, Fira de Barcelona pretende dar respuesta a las necesidades de un mercado en constante crecimiento y que sólo hasta el 2007 tiene previsto generar en España 5.600 millones de euros y 60.000 puestos de trabajo. Asimismo, además de constituirse como certamen de referencia para el sector, la voluntad de GlobalGeo es consolidarse como punto de encuentro internacional entre la oferta y la demanda, además de una excelente plataforma de presentación de novedades, capaz de abrir rentables oportunidades de negocio a las empresas participantes.

El análisis de la orografía de una montaña por la que tiene que construirse un túnel, la localización de embarcaciones o vehículos extraviados, el seguimiento de especies en peligro de extinción son sólo algunos ejemplos

que muestran los beneficios que la geomática y geotelemática aportan a la sociedad. GlobalGeo supondrá una oportunidad inmejorable para que profesionales de empresas privadas, organismos oficiales e instituciones públicas puedan conocer las últimas tecnologías que se están aplicando en estos campos y las ventajas que estas ciencias pueden reportar a sus áreas de actividad.

Los sectores representados en GlobalGeo son: fotogrametría; teledetección; cartografía; sistemas de información geográfica; geodesia; topografía; localización y navegación por satélite; sistemas inteligentes de transporte; y tecnologías de la información y comunicación.

### 5ª Semana Geomática

Coincidiendo con la celebración de GlobalGeo, del 10 al 14 de febrero de 2003 tendrá lugar en el Palacio de Congresos de Barcelona la 5ª Semana Geomática que organiza anualmente l'Institut de Geomàtica y que, en esta convocatoria, cuenta con la colaboración de Fira de Barcelona. En esta ocasión, las conferencias, sesiones técnicas y mesas redondas que se llevarán a cabo profundizarán en la integración de tecnologías de la cartografía, la telemática y la navegación.

La madurez en las tecnologías de posicionamiento, comunicaciones y geoinformación en el escenario actual y las nuevas perspectivas que ofrecerán las últimas generaciones de comunicaciones y los satélites de navegación como Galileo ha obligado a la organización de este Congreso a proponer contenidos más ambiciosos y a proporcionar los marcos de discusión, intercambio y divulgación que requiere el sector.

En estos momentos se está definiendo el programa de ponencias científicas

co-técnicas del Congreso en el que se abordarán tanto los aspectos comerciales como los técnicos en torno al área principal de la cartografía, telemática y navegación. Entre los temas previstos figuran: sistemas de navegación: estado y perspectivas; sistemas diferenciales y aumentaciones; integración de sistemas y nuevas tecnologías de la información; cartografía navegable y on demand mapping; aplicaciones científicas; posibilidades de los sistemas basados en la localización y navegación; sistemas, servicios y interfaces; así como aspectos legales e institucionales. En cuanto a las áreas generales, se presentarán los últimos avances en geodesia y navegación; teledetección y fotogrametría; y cartografía y sistemas de información geográfica.

### Convocatoria de premios

Por otro lado, la organización de la 5ª Semana Geomática convoca el Premio «Luis Martín Morejón» que otorga la demarcación de Cataluña del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía (COETT) al mejor trabajo de final de carrera presentado en los últimos tres años en alguna de las escuelas universitarias de esta especialidad. Asimismo, se convoca el Premio «Jordi Viñas i Folch» que el Instituto Cartográfico de Cataluña concede al mejor trabajo de investigación en el campo de la geomática realizado por licenciados o ingenieros menores de 30 años. En esta edición el tema es «cartografía, telemática y navegación».

La entrega de Premios se celebrará en el marco de la 5ª Semana Geomática.

GlobalGeo es un salón de Fira de Barcelona, la entidad organizadora de salones profesionales líder en España y una de las cuatro primeras de Europa en número de eventos.

# Noticias



## Internet Security Systems y HP unen su tecnología para ofrecer una mayor protección a las infraestructuras de red

Internet Security Systems, fabricante líder de soluciones de detección de intrusiones y análisis de vulnerabilidades, ha llegado a una alianza tecnológica con HP para integrar el módulo de correlación de eventos RealSecure SiteProtector Security Fusion en HP OpenView.

El objetivo de esta alianza es alcanzar un mayor grado de protección al ofrecer una gestión totalmente avanzada de los eventos de seguridad a los usuarios de HP OpenView. ISS cuenta en la actualidad con el más completo y consistente acercamiento a la protección de redes, servidores y PCs.

A través de este acuerdo, ISS aportará a HP su amplia experiencia en seguridad.

## RealSecure Network Sensor 7.0, nuevo lanzamiento de Internet Security Systems

*La más avanzada herramienta de detección de intrusiones del mercado*

*Tecnología IDS que combina análisis avanzado de protocolo junto con detección basada en firmas, incluso en redes gigabit*

Internet Security Systems acaba de presentar en nuestro país RealSecure Network Sensor 7.0, el sistema de protección de intrusiones de red más avanzado del mercado.

RealSecure Network Sensor 7.0. es fruto de la integración total del sistema de detección de intrusiones RealSecure Network Sensor con la tecnología BlakICE. Ofrece un incremento de las posibilidades de detección, prevención y respuesta ante las nuevas amenazas que constantemente están apareciendo, a través de procesos de detección de alta velocidad, análisis avanzado de protocolo y bloqueo activo.

La protección de operaciones online es uno de los principales deberes que deben resolver las empresas. La aparición y rápida proliferación de nuevos ataques «híbridos», como Código Rojo y Nimda, que burlaron todas las medidas de seguridad tradicionales han puesto en duda la eficacia de esta seguridad tradicional formada por firewalls aislados y antivirus.

  
Fira Barcelona



# GLOBAL GEO

SALON INTERNACIONAL DE LA GEOTELEMATICA

EL PUNTO DE REFERENCIA  
CLAVE PARA TODO EL SECTOR

¡VEALO!

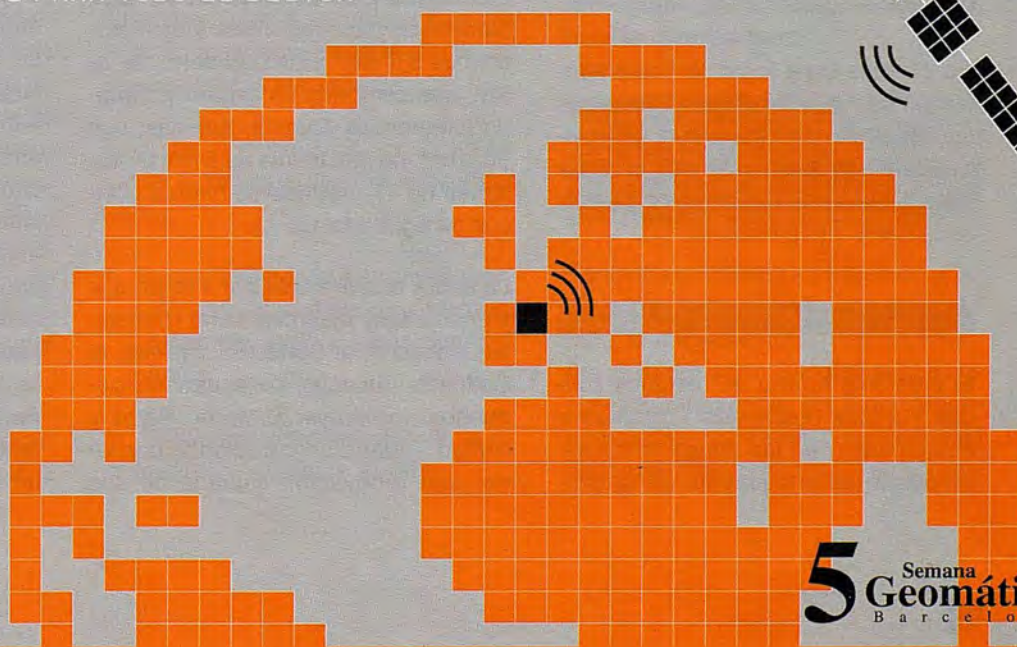
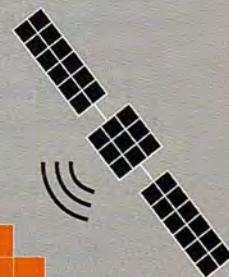
RESERVE SU PLAZA EN EL  
SEMINARIO Y REUNIÓN DE  
USUARIOS 26 Y 27 DE  
SEPTIEMBRE

¡LLAMENOS!

11.02.03  
13.02.03

Montjuïc 1

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



5 Semana  
Geomática  
Barcelona

# Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la Caracterización y Análisis Espacial de las Fuentes Contaminantes de La Bahía de La Habana



Lic. Yosvany A. Simón Gil. Lic. Freddy Fuster Barbeito.  
GTE BAHIA HABANA.

## RESUMEN

El estado ambiental de la Bahía de la Habana en la actualidad, pese a que se ha notado una ligera recuperación de los indicadores de calidad de las aguas, continúa siendo una preocupación para las instituciones a las que competen el tema. Dentro de las principales causas de esta contaminación se encuentran las fuentes contaminantes, para la cuales se implementa un Sistema de Información Geográfica (SIG) que posibilite su caracterización, además de su análisis espacial.

La tecnología SIG está estrechamente relacionada con la computación, específicamente con la gran diversidad de Software y herramientas que existen actualmente, los cuales son capaces de satisfacer a los usuarios más exigentes desde el punto de vista profesional.

En el trabajo se logró la implementación del SIG y se obtuvieron mapas temáticos de los indicadores que posibilitaron la realización de análisis espaciales en la región de la cuenca de la Bahía de la Habana.

## INTRODUCCIÓN

El creciente aporte de residuos sólidos y aguas residuales - urbanas e industriales-, en las zonas costeras, producto del crecimiento de la pro-

ducción de bienes y servicios, constituye una amenaza que despierta la atención mundial. Es de vital importancia para la humanidad la comprensión de los procesos y fenómenos presentes en las áreas marinas y costeras, ya que son áreas que presentan una elevada fragilidad ante cualquier impacto producido sobre estas, el cual repercutirá sobre los componentes bióticos y la actividad antropogénica.

El ecosistema Bahía de la Habana se encuentra ubicado en la región Noroccidental de Cuba. Por sus características morfológicas es una típica bahía de bolsa, de límites bien definidos con características de estuario, los cuales están estrechamente relacionados con el ecosistema urbano de la ciudad, los ecosistemas urbano industriales de la periferia, los ecosistemas fluviales que tributan a su cuenca hidrológica y los ecosistemas litorales marinos adyacentes. Tiene una superficie de 5,2 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 18 Km que conforma un seguro y cómodo fondeadero. Cuenta, además, con una profundidad media de 9 m y un volumen de 47 millones de metros cúbicos de agua (Anexo 1).

La bahía está formada por tres lóbulos o ensenadas: Marimelena, al Noreste; Guasabacoa, al Sudeste y Atares, al Sudoeste. En estas desaguan tres pequeños ríos (Luyanó, Martín Pérez y Arroyo Tadeo), se caracteriza por tener una renovación limitada de sus

aguas (5 - 7 días), evidenciando que no permite un amplio balance acuífero (a través de su estrecho canal) entre la bahía y las aguas oceánicas adyacentes.

La situación con respecto a un sistema de manejo ambientalmente seguro de las aguas residuales urbanas e industriales y los desechos portuarios, es prácticamente la misma en todos los países de la Región del Gran Caribe. La concientización pública es baja, obsoletos e insuficientes órganos de tratamiento en las industrias y sistemas de alcantarillado, políticas ambientales no integradas, escasos controles ambientales y limitados presupuestos para la implantación de medidas de mitigación son los principales obstáculos que se encuentran a la hora de solucionar la problemática de las zonas costeras.

Los problemas de contaminación y degradación ambiental de la Bahía de la Habana están asociados a un largo proceso acumulativo de más de 400 años, el cual ha estado asociado al desarrollo del asentamiento poblacional que se agudiza con el crecimiento demográfico de las últimas décadas, el desarrollo de la actividad marítimo-portuaria que, dada su situación geográfica, favoreció el asentamiento del puerto más importante de las colonias españolas en América, el desarrollo industrial carente en la mayoría de los casos de un sistema de tratamiento adecua-

dos para el manejo de sus residuos y otros aportes de gran significación a lo largo de este período es el escurrimiento superficial cargado de gran cantidad de sedimentos.

La Bahía de la Habana está sometida a un fuerte impacto ambiental por materia orgánica y nutrientes. Los estudios realizados en el primer lustro de la década del 80 demostraron que la bahía recibía 104 T/día de materia orgánica expresada como DBO (equivalente a una población de dos millones de habitantes, (el 38% aportada por los ríos, 31% por las industrias y el resto por los drenes pluviales).

En la etapa actual el GTE BAHIA-HABANA (Grupo de Trabajo Estatal), está llevando a cabo un conjunto de proyectos con el fin de reducir estas cargas, entre los que se destacan La construcción de una planta de tratamiento en la desembocadura del Río Luyanó, La solución y disposición final de residuos sólidos urbanos e industriales en el recinto portuario y municipios contiguos a este, La disminución del aporte de hidrocarburos, aceites y lubricantes al cuerpo de agua mediante la aplicación de diferentes métodos, entre otros. Se cuenta, además con un grupo de especialistas encargados de llevar a cabo la tarea de gestión ambiental con el fin de crear una concientización ciudadana sobre el problema, actuando desde diferentes estrategias.

Dentro de una de las tareas que se ha trazado este grupo, con el fin de reducir la contaminación de la Bahía de la Habana se encuentra el control a las fuentes contaminantes que vierten sus residuos a la bahía ya sea de forma directa o indirecta (a través de las corrientes fluviales o los drenajes pluviales). Para este control a las fuentes surgió la necesidad de crear un Sistema de Información Geográfica (SIG) que fuera capaz de brindarnos información espacial y la obtención de diferentes mapas temáticos producto del análisis que el SIG realiza con esta información.

Muchas son las ciencias que se auxilian de los adelantos tecnológicos

para poder resolver gran parte de sus problemas. La tecnología SIG está estrechamente relacionada con la computación, específicamente con la gran diversidad de Software y herramientas que existen actualmente, los cuales son capaces de satisfacer a los usuarios más exigentes desde el punto de vista profesional. Los SIG están habilitados para soportar datos espaciales (fenómenos existentes en la realidad) y no espaciales o atributos temáticos (bases de datos alfanuméricos relacionados a los objetos espaciales), lo que le permite manejar grandes volúmenes de información a diferentes escalas.

En este trabajo se utilizó el Sistema de Información Geográfica MAPINFO PROFESSIONAL en su versión 5.5 para la entrada, recuperación y actualización de la información no espacial, así como para la confección y análisis de diferentes mapas temáticos.

El trabajo fue formulado bajo la siguiente hipótesis:

La Implementación de un Sistema de Información Geográfica sería una herramienta necesaria para una rápida caracterización espacial de las fuentes contaminantes de la Bahía de La Habana.

El objetivo fundamental del presente trabajo es implementar un Sistema de Información Geográfica que nos permita manejar, procesar y actualizar la información relativa a las fuentes contaminantes de la Bahía de la Habana, así como, la obtención de diferentes mapas temáticos que nos brinden la distribución espacial de las características de estas.

Para dar cumplimiento a este objetivo se llevaron a cabo las siguientes tareas:

- 1- Recopilación de la información contenida en los inventarios y controles realizados a las fuentes contaminantes.
- 2- Búsqueda y recopilación de la información referente al tema.

- 3- Análisis estadísticos de los comportamientos de los indicadores hidroquímicos.
- 4- Digitalización de un mapa topográfico escala 1:50 000 para la confección de la base cartográfica digital del territorio.
- 5- Espacialización de las fuentes contaminantes.
- 6- Creación de la base de datos referente a la caracterización de estas fuentes.
- 7- Realización de los diferentes análisis para la obtención de los mapas temáticos.
- 8- Salida y representación cartográfica de la información.
- 9- Redacción y confección final del trabajo.

De esta manera el trabajo queda estructurado de la siguiente forma: Introducción. Un primer Capítulo donde se recogen los aspectos teórico-metodológicos relativos a las Zonas Costeras, los estuarios y los Sistemas de Información Geográfica. En el Capítulo intermedio se realiza una caracterización general del estado ambiental de la Bahía de la Habana y su relación con las fuentes contaminantes, las cuales son analizadas espacialmente mediante mapas temáticos resultado del análisis del SIG. Y en el último Capítulo, abordamos lo referente a la aplicación del Sistema de Información Geográfica. Además presentamos las Conclusiones y Recomendaciones a las que se llegó en este trabajo y la Bibliografía en la que nos basamos para la orientación

## **METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO**

Teniendo en cuenta los objetivos y tareas trazadas en esta investigación para la implementación de un Sistema de Información Geográfica que nos permita caracterizar las fuentes contaminantes que vierten sus residuales de forma directa e indirecta en el cuer-

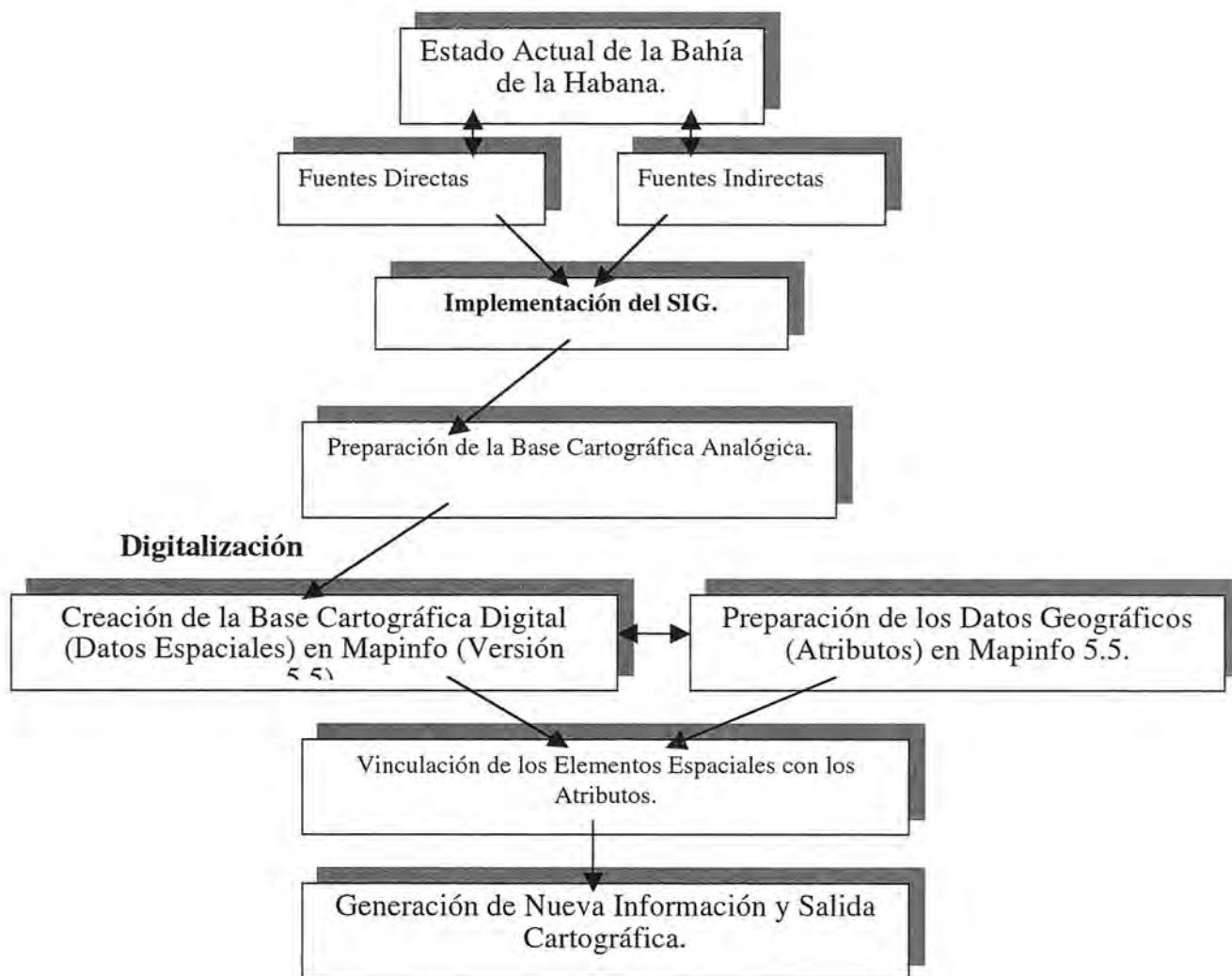


Figura 1: Etapas para la implementación del SIG. Fuente: Elaborado por el autor.

po de agua de la Bahía de la Habana, fue necesario determinar los indicadores y parámetros que incluiría la base de datos a implementar en el SIG. Esta información se encontraba en formato analógico en forma de expedientes, los cuales son realizados durante las visitas y controles que realiza el departamento de Gestión Ambiental del GTE BAHIA HABANA. Durante los controles se determinan los principales impactos y problemas que causan las fuentes contaminantes sobre al ecosistema y por consiguiente a la bahía, exigiéndosele además la implementación de planes de medidas con el fin de reducir o eliminar los mismos.

Después de analizar los indicadores seguidos en los controles de actualización de las fuentes contaminantes

se determinó incluir en la base de datos de tipo SIG a los siguientes:

- 1- Un identificador con el número de representación cartográfica en modelo digital. Este indicador recogerá el orden en que fueron cartografiadas las fuentes sobre la base cartográfica digital.
- 2- Nombre de la fuente.
- 3- Organismo al cual pertenece. Esto se realizará fundamentalmente por ministerios o institutos a los cuales se subordine la fuente.
- 4- Municipio en el cual está ubicada.
- 5- Disponibilidad de licencias ambientales (DLA).
- 6- Si presentan caracterizadas sus aguas residuales (CAR).

- 7- Determinar si entre sus residuales o contaminantes se encuentran hidrocarburos (HDCS).
- 8- Expulsión de gases o partículas a la atmósfera (PGA).
- 9- Utilización de materias primas peligrosas en el proceso productivo (PMP).
- 10- Presencia de sistema de tratamiento para sus residuales (STR).
- 11- Disponibilidad de fondos o recursos financieros para la solución de problemas ambientales (FRSA).
- 12- Implementación de un Sistema de educación ambiental para los trabajadores (ISEA).
- 13- Disposición final de residuos generados (DFR). Con este indicador se

conocerá cual es la fuente de ingreso de sus residuales a la bahía (corrientes fluviales o drenaje plu-vial).

- 14- Creación de planes de medidas con el fin de minimizar o eliminar los daños ecológicos al medio (PM).
- 15- Experimentación de algún cambio de uso, el cual ha repercutido de forma asimilable por el ecosistema (CU).
- 16- Cambios en la línea tecnológica. Por lo general estos cambios traen consigo una disminución de los aportes de cargas contaminantes al sistema.

Para la realización del presente trabajo se conformó el esquema con los pasos a ejecutar (ver figura 1).

La base de datos facilitará la gestión ambiental para la solución de los problemas de la cuenca de la Bahía de la Habana, así como, servirá a los interesados para obtener información sobre las características de cada fuente o un grupo de fuentes que posean un mismo comportamiento en el indicador que se quiera conocer, ya que el sistema está capacitado para realizar las actividades de búsqueda y análisis espacial, asociada a los objetos, que en este caso son las fuentes contaminantes.

Para la representación cartográfica de las fuentes contaminantes partimos de la base cartográfica analógica 1: 50 000, la cual fue convertida en formato digital (Fig. 1). De acuerdo a la escala de trabajo la representación de las fuentes se llevó a cabo utilizando los puntos como unidades de identificación de las mismas. Se espacializaron teniendo en cuenta las direcciones de cada fuente, contemplada en los expedientes, y un trabajo de campo donde se puntualizó la posición correcta sobre el mapa topográfico. Una vez representadas las fuentes, se elaboró la base de datos con las características antes mencionadas. La combinación entre las fuentes y la base de datos es lo que le permite al sistema obtener los mapas temáticos producto de su análisis.

Para el sistema, las fuentes contaminantes actúan como las entidades espaciales y la base de datos como los atributos temáticos, ambos constituyen los elementos de los datos geográficos en un SIG. Las entidades están relacionadas con el objeto que existe en la realidad y los atributos con las bases de datos alfanuméricas que caracterizan al objeto.

Para la realización del trabajo, partimos realizando un análisis de la calidad ambiental de la Bahía de La Habana, el cual está estrechamente relacionado con los aportes de las fuentes contaminantes, a las cuales se les realizará un análisis del comportamiento espacial de los indicadores antes mencionados tomando como herramienta el Sistema de Información Geográfica MAPINFO.

## **RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION DE LA BAHIA DE LA HABANA Y ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE SUS FUENTES CONTAMINANTES MEDIANTE LA APLICACION DEL SIG**

El resultado del estado actual de la Bahía de la Habana está estrechamente relacionado con diversos factores que han entrado en contacto durante largos periodos de tiempo, pero a la naturaleza actual de estos se le suma la acción que ejercen las fuentes contaminantes generadoras de residuos que de forma directa o indirecta (a través de las corrientes fluviales y drenajes pluviales que a esta tributan) vierten al cuerpo de agua de la bahía (ver Anexo 3).

En la etapa actual se ha observado una tendencia a disminuir las concentraciones de los principales indicadores de contaminación de la bahía, los cuales serán analizados a continuación con el propósito de comprender la naturaleza de la contaminación que presenta este ecosistema en la actualidad.

## **II.1- Caracterización actual de la Bahía de la Habana**

Uno de los indicadores más representativos en la caracterización hidroquímica de las aguas de la bahía es la concentración de oxígeno disuelto (mg/L). Este indicador en la actualidad se comporta con una media de 5 mg/L en todo el cuerpo de agua de la bahía, valor recomendado como límite adecuado de calidad de las aguas marinas. En el caso de las ensenadas, estos valores permanecen por debajo de los límites mínimos establecidos, ya que estas reciben de forma directa el impacto de la actividad económica que se desarrolla en la bahía y en su cuenca tributaria mediante las corrientes fluviales, los drenes pluviales y las fuentes directas de contaminación, además existe también la influencia que ejerce el sistema de circulación de las aguas de la bahía, así como la dirección de los vientos predominantes (NE).

La ensenada de Atarés tiene un valor medio de concentración de oxígeno disuelto de 2.60 mg/L, siendo esta la ensenada que presenta los valores más bajos de este indicador, lo cual está motivado por el aporte de grandes volúmenes de materia orgánica proveniente del sistema de drenaje pluvial, que a su vez reciben el aporte de los albañales urbanos sin previo tratamiento.

En un segundo lugar, con una concentración de oxígeno disuelto igual a 3.25 mg/L se encuentra la ensenada de Marimelena, en esta se encuentra la Refinería Níco López, la cual ingresa grandes aportes de hidrocarburos, sumándosele los aportes de materia orgánica proveniente del arroyo Tadeo.

Otro caso lo constituye la ensenada de Guasabacoa, con valores de oxígeno disuelto de 3.26 mg/L. Aquí juega un papel importante los aportes que a través de los ríos Martín Pérez y Luyanó (Anexo 4) realizan las fuentes indirectas y los que realizan las fuentes directas.

Como habíamos expresado anteriormente a estos se le suma las condi-



ciones oceanográficas de la bahía y los vientos predominantes.

De forma general se puede afirmar, que este indicador está experimentando un comportamiento positivo a partir de la década del 90' (Gráfico 1).

En el período del 86 al 95 la concentración de oxígeno disuelto se comportó de manera ascendente, debido a la crisis económica por la que atravesaba el país, que prácticamente se paralizó la actividad portuaria en la bahía, se cerraron muchas industrias y otras disminuyeron su producción, ya en el 99 se observó una recuperación de las concentraciones de oxígeno disuelto, aumentando considerablemente; en general este indicador sigue aumentando en los próximos años, encontrándose concentraciones elevadas en la superficie por efecto de sobre saturación, lo que influye en los valores medios.

Como es de esperar, al aumentar las concentraciones de oxígeno en el sistema, disminuyen las concentraciones de los nutrientes, como respuestas al ciclo natural de estos ecosistemas (gráfico 2 ).

Este indicador ha experimentado una disminución en sus valores de concentración en los períodos de tiempo analizados, aunque continúan siendo elevados. Las concentraciones que encontramos son originadas, principalmente, por el aporte de los residuales urbanos, los cuales contienen cantidades apreciables de materia orgánica, que al oxidarse liberan grandes concentraciones de nutrientes (fósforo y nitrógeno). Las elevadas concentraciones de estos, pueden afectar significativamente el funcionamiento del sistema natural, sobre todo si son sistemas cerrados donde no existe un intercambio más eventual con el océano, ya que cuando estas son muy elevadas se crean las condiciones para que se desarrollen organismos fotosintetizadores del fitoplancton, los cuales en muchas ocasiones son tóxicos y pueden producir mortandades masivas de organismos marinos.

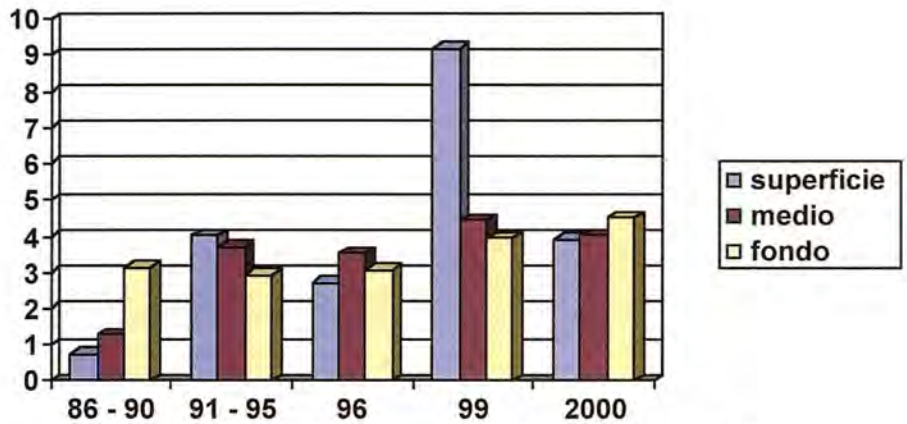


Gráfico 1: Variación de oxígeno disuelto (mg/l).  
Fuente: Elaborado por el autor a partir de la información facilitada por el CIMAB 2000.

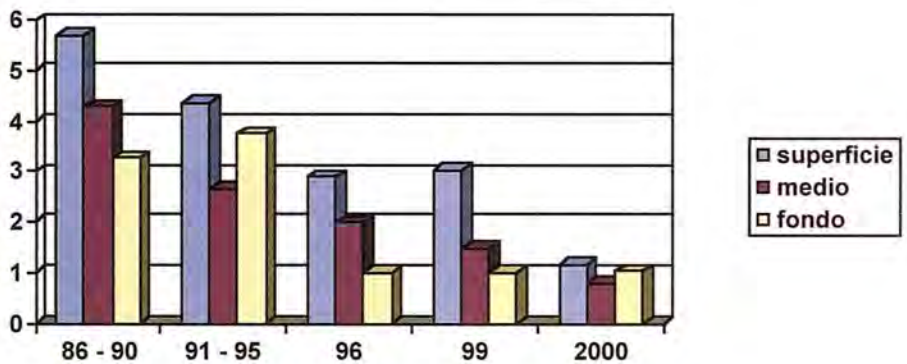


Gráfico 2: Variación de fósforo total (mg/l).  
Fuente: Elaborado por el autor a partir de la información facilitada por el CIMAB 2000.

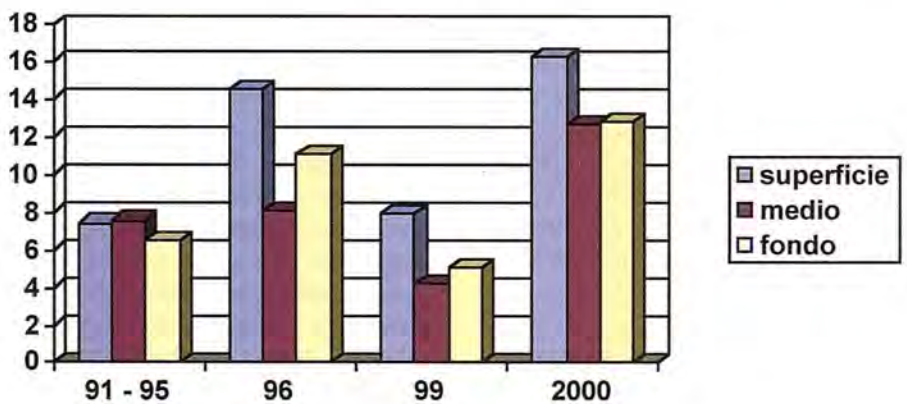


Gráfico 3: Variación de nitrógeno amoniacal (mg/l).  
Fuente: Elaborado por el autor a partir de la información facilitada por el CIMAB 2000.

En cuanto a las concentraciones de nitrógeno, este se ha comportado irregularmente. Como causa fundamental de este comportamiento tenemos los derrames que han ocurrido en la

fuelle Planta Habana en el año 2000, originados por roturas de la red técnica de esta y vertimientos que se han realizados de forma irresponsable sobre el ecosistema (Gráfico 3).

AT  
DO/iT+DIAP=Z

## Eficacia y Velocidad en Fotogrametría Digital con...

Desde la AeroTriangulación, hasta la medición del territorio, "Desde AT hasta Z", el nuevo DO/iT personifica el segundo axioma de la fotogrametría:

*Una medición precisa exige máximo control de movimiento, tanto en el espacio 2D imagen para AT, como en el espacio 3D terreno para cartografiar.*

Mientras que las manivelas no tienen rival en precisión y rigor fotogramétrico, los ahora llamados "ratones 3D" han sido quizá más fáciles de manejar, pero siempre ofreciendo una inferior calidad, adoptando un aspecto familiar pero obviando funciones cruciales.

Integrando lo mejor de ambos sistemas, hemos creado un nuevo controlador, DO/iT...



12 botones disponibles y programables

Para saber más sobre DO/iT,  
simplemente...



**askISM.com**

I.S.M. International Systemap Corp.

ISM Europe S.A.

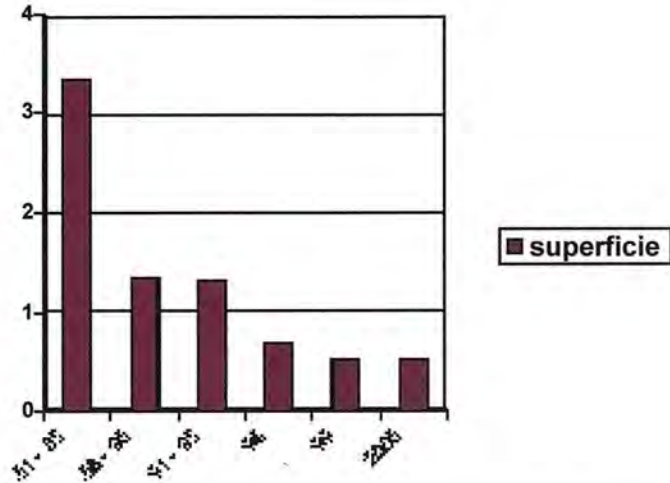
Avda. J. V. Foix 72, Local 5B

08034 Barcelona

Tel: 93 280 10 50 • Fax: 93 280 19 50

Email: info@ismeuropa.com

En otro indicador que se ha observado una gradual disminución en sus valores medios es: la tendencia de hidrocarburos en el agua, aunque con síntomas a permanecer constantes. Este es un indicador muy importante en el análisis de la calidad de las aguas de la bahía ya que esta recibe aportes muy significativos de hidrocarburos por parte de las fuentes, los cuales se observan de forma directa en el espejo de agua causando un aspecto estético negativo desde el punto de vista perceptivo. Esta disminución está motivada por cambios tecnológicos que se han introducido, e inversiones realizadas en la red técnica de tratamiento de residuales en muchas de las entidades que vierten sus residuos a la bahía (Gráfico 4).



**Gráfico 4: Tendencia de los hidrocarburos en agua (ppm).**  
**Fuente: Elaborado por el autor a partir de la información facilitada por el CIMAB 2000.**

Este indicador será analizado en el Sistema de Información Geográfica, cualitativamente, identificando las fuentes potenciales generadoras de este tipo de contaminación.

El comportamiento de estos indicadores está condicionado principalmente por los aportes que recibe diariamente la Bahía de La Habana (Tabla 1).

El estado actual de la bahía está determinado por los aportes de las siguientes fuentes:

➤ Aquellas que están ubicadas en el litoral, las cuales vierten sus residuales de forma directa a la bahía, sobre las cuales recaen los niveles más altos de contaminación por hidrocarburos.

➤ Las que están distribuidas a través de la cuenca hidrográfica de la bahía y que vierten sus residuales de forma indirecta a través de las corrientes fluviales y los drenes pluviales, sobre los cuales recaen los valores más elevados de la contaminación orgánica.

Sobre las entidades que vierten sus residuales de forma directa a la bahía (fuentes contaminantes directas), recaen los valores más altos de contaminación por hidrocarburos, con un valor de 14.5 t/d de un total recibido de 19 t/d. Esto está motivado, principalmente, porque muchas de estas utilizan los hidrocarburos como fuente principal de materias primas en el proceso productivo.

Los aportes de las fuentes indirectas a la Bahía de La Habana se realizaban a través de las corrientes fluviales (ríos Martín Pérez y Luyanó y arroyo Tadeo) y los drenes pluviales, los cuales se caracterizan por los aportes de grandes cargas de materia orgánica (59 t/d). Esto justifica la gran demanda bioquímica de oxígeno que presentan las aguas de las ensenadas, ya que en estas es donde se producen las descargas de los mismos y por consiguiente un bajo contenido de oxígeno disuelto en agua, una elevada concentración de nutrientes y un aumento de la sedimentación, lo que trae consigo un aumento de la contaminación de las aguas de la bahía.

TIPO DE FUENTES	Volumen de agua dulce m <sub>3</sub> /d	DBO t/d	HC t/d	SST t/d	NT t/d
DIRECTAS	2 401	26.8	14.5	1.5	0.18
FLUVIALES	161 804	29.0	0.9	19.3	5.12
PLUVIALES	168 034	30.0	4.0	38.0	5.10
<b>TOTALES</b>	<b>332 239</b>	<b>85.8</b>	<b>19.4</b>	<b>58.8</b>	<b>10.4</b>

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

HC: Hidrocarburos.

SST: Sólidos Suspendingos Total.

NT: Nitrógeno Total.

**Tabla 1: Aportes que ingresan diariamente a la bahía.**  
**Fuente: GTE BAHIA HABANA 2001.**

El mayor aporte de agua dulce al sistema, lo constituyen sin lugar a dudas las corrientes fluviales y los drenes pluviales. Estas aguas están completamente contaminadas ya que a estas descargan gran parte de las aguas albañales de la ciudad, sumándoseles los vertimientos de las fuentes contaminantes indirectas. Por lo general estas aguas llegan a la bahía sin tratamiento previo. Como respuesta a esta situación se ejecuta la construcción de una planta de tratamiento de residuales líquidos en la desembocadura del río Luyanó, mediante la cual se prevé minimizar las cargas contaminantes que llegan a la bahía a través de esta corriente fluvial, así mismo, se espera la construcción de otra planta de tratamiento en la desembocadura del río Martín Pérez, la cual cumplirá la misma función que la del Luyanó.

Con vistas a reducir el aporte de sedimentos a la bahía se ejecuta un programa de reforestación en toda la cuenca de las corrientes fluviales, ya que mediante esta se espera que disminuya la erosión de los suelos, los cuales constituyen la fuente de abasto de estos sedimentos.

La recuperación experimentada por este ecosistema está motivada por los trabajos de gestión y control ambiental realizados sobre estas fuentes contaminantes, con vistas a reducir los aportes de cargas contaminantes de estas a la bahía y las actividades de saneamiento marítimo portuarias que se desarrollan en la Bahía de La Habana una vez ingresados estos residuos. Como vemos no solo se prevén los vertimientos de residuos, si no, que se actúa directamente sobre ellos cuando están

en la bahía, mediante la recogida de sólidos flotantes e hidrocarburos (tabla 2).

Como observamos en la tabla la recogida de sólidos flotantes e hidrocarburos ha ido aumentando con respecto al tiempo transcurrido, notándose un aumento a partir del año 2000, en el cual fue introducido el primer barco «Medusa» dotado tecnológicamente para este tipo de trabajo lo que aumenta la eficiencia en la recogida de estos residuos (ver Anexo 5). En el caso del Slop, este es reincorporado al proceso tecnológico de la refinería, lográndose una recuperación del mismo y los sólidos flotantes son incinerados en el incinerador de SAMARP.

## II. 2- Caracterización y análisis espacial de las fuentes contaminantes

El estado actual de la Bahía de La Habana está condicionado, en primer lugar, por los aportes que las fuentes contaminantes realizan a la misma, ya sea de forma directa o indirecta. En esta parte del trabajo se analizarán los mapas temáticos que fueron realizados por el Sistema de Información Geográfica, el cual nos permite agrupar a estas según el comportamiento de las mismas ante los indicadores ya mencionados.

Estos indicadores identifican a las fuentes desde varios puntos de vista, entre los que encontramos el institucional, el espacial y el ambiental. Estos indicadores no son analizados cada una por sí solo, si no, que se tratan en su conjunto, de forma tal, que nos permita determinar cuantas son las fuentes que tiene un organismo

determinado en un territorio y como se comportan estas desde el punto de vista medioambiental.

Desde el punto de vista institucional se identifica la fuente como tal con su nombre, el cual, de una forma u otra, nos brinda el tipo de actividad productiva que en ella se realiza, y al organismo al cual pertenece, mediante el cual determinaríamos la cantidad de fuentes que tiene cada organismo distribuidas en la cuenca de la bahía.

En el análisis espacial se determina la distribución de las fuentes por municipios y la disposición final de sus residuos, es decir, mediante que vía estas aportan sus residuos líquidos a la bahía (la corriente fluvial o el alcantarillado).

Los indicadores ecológicos que se toman en este trabajo, reflejan el nivel de incidencia de cada fuente sobre el ecosistema, el cual esta determinado por el tipo de contaminación, el cumplimiento de determinadas leyes ambientales y los esfuerzos que se realizan estas para disminuir el impacto que ocasionan al ecosistema.

Hasta la fecha se han logrado identificar 107 fuentes contaminantes en la cuenca hidrográfica de la Bahía de La Habana, las cuales sumado a otros fenómenos que ocurren en el área de estudio son los causantes de los grandes aportes de contaminantes, entre los que se destacan los orgánicos y los hidrocarburos que llegan a la bahía diariamente de forma directa (a través de las fuentes directas de contaminación) e indirecta (a través de las corrientes fluviales y el drenaje pluvial).

AÑOS	SÓLIDOS FLOTANTES RECOGIDOS ( m_ )	RECOGIDA DE SLOP EN LA BAHÍA ( m_ )
1998	765	329
1999	1 492	259
2000	3 896	1 017
2001 hasta el 30.9.01	2 408	290.2

**Tabla 2: Recogida de sólidos flotantes e hidrocarburos en la Bahía de La Habana.**  
Fuente: GTE BAHIA HABANA 2001.

Estas 107 fuentes se diferencian por la forma en que aportan sus residuos a la Bahía en:

Directas, las cuales están ubicadas dentro del recinto portuario y su aporte se realiza de forma directa, están representadas en la figura 2 con el color rojo con un total de 52.

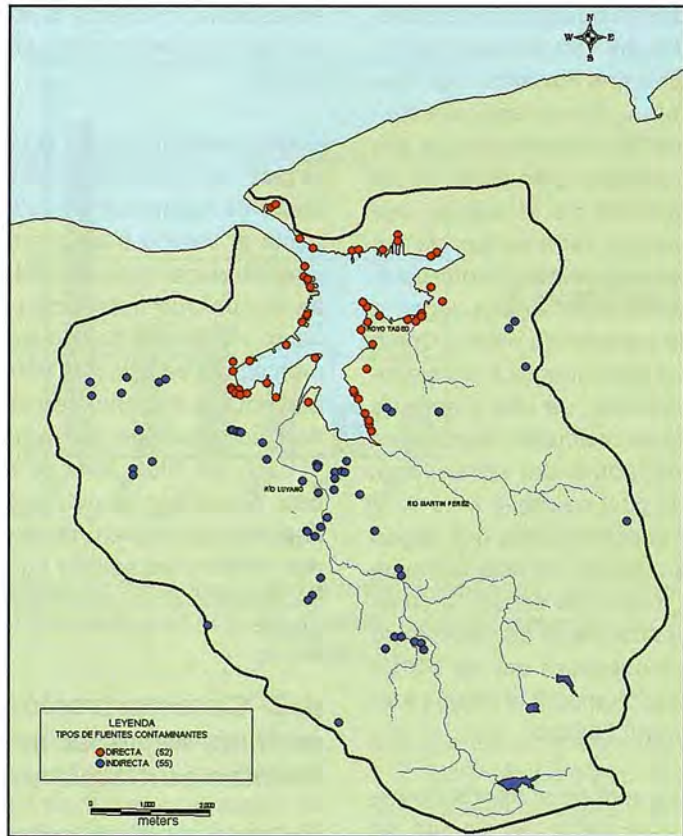
Indirectas, a través de las corrientes fluviales y drenajes pluviales que desembocan en la Bahía de La Habana y aparecen en la misma figura con el color azul con un total de 55.

En el análisis realizado tuvimos en cuenta la disposición final de residuos, La cual se debe analizar conjuntamente con la tabla 1 de aportes totales a la bahía y la Figura 2, ya que guardan una estrecha relación. En este indicador, se analizan los diferentes receptores de residuos provenientes de las fuentes contaminantes, como son La Bahía de La Habana, el Río Luyanó, el Río Martín Pérez, Arroyo Tadeo y el Alcantarillado y Drenaje Pluvial.

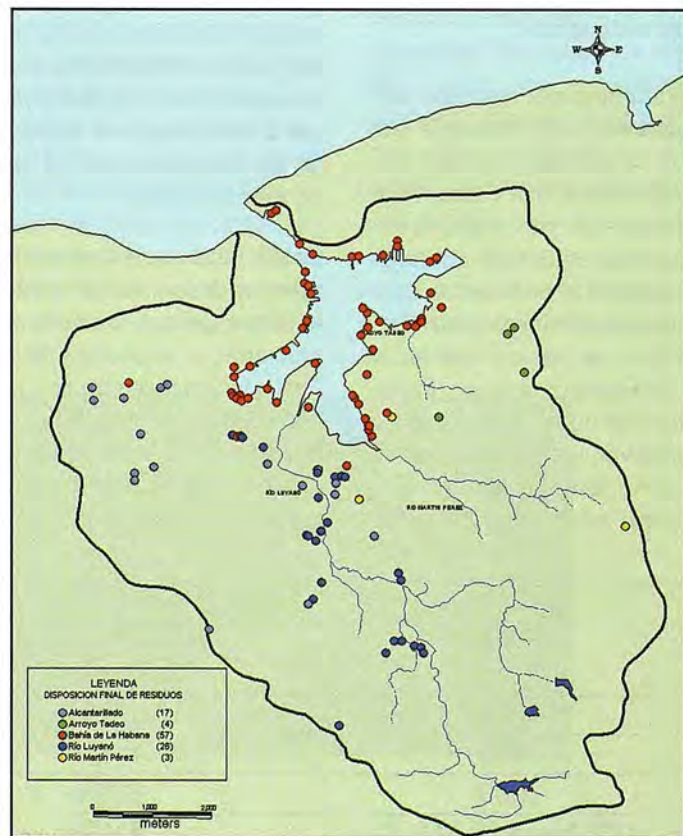
Existen 52 fuentes directas, pero en la disposición final de residuos (Figura 3) encontramos que son 57 las que vierten sus residuales a la Bahía de La Habana (ver Anexo 3). Estas 5 fuentes no son incluidas como fuentes directas ya que están fuera de los límites del recinto portuario.

En general estas fuentes son las responsables de los aportes que se observan en la tabla 1 y por la disposición final de residuos son las que mayor representación toman en el resto de las fuentes. Seguidas por estas encontramos las que vierten sus residuales a la red fluvial que desemboca a la bahía, con un total de 33 fuentes distribuidas en tres corrientes fluviales, el Río Luyanó con 26 fuentes, el Río Martín Pérez con 4 y el Arroyo Tadeo con 3.

En la desembocadura del Río Luyanó (ver Anexo 4) se está ejecutando la construcción de una planta de tratamiento de residuales líquidos con el fin de reducir el aporte de los volúmenes de materia orgánica que este



**Figura 2: Distribución de los tipos de fuentes contaminantes.**  
Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.



**Figura 3: Disposición final de residuos líquidos.**  
Fuente: elaborado por el autor con el uso del SIG.

río ingresa a la bahía, así como la conexión de varias fuentes directas que se encuentran cerca de esta obra, lo que influiría positivamente en el estado ambiental de la bahía.

Con una menor representatividad encontramos a las fuentes que vierten sus residuales al sistema de drenaje pluvial o alcantarillado con 17. Este número determina la influencia de estas fuentes en la calidad ambiental de la bahía, ya que estas aguas no reciben tratamiento previo y por lo general tienen una alta concentración de nutrientes, producto de la conexión de estas con aguas albañales.

En la actualidad se incrementan los esfuerzos con vistas a solucionar este problema del alcantarillado y drenaje pluvial con cooperación extranjera (Japón), con la posible construcción de plantas de tratamiento de residuales.

La cuenca de la Bahía de la Habana abarca un total de 10 municipios, en este caso no todos estarán representados ya que hasta el momento no se les han identificado fuentes contaminantes, a los cuales se les realizará un análisis para determinar los

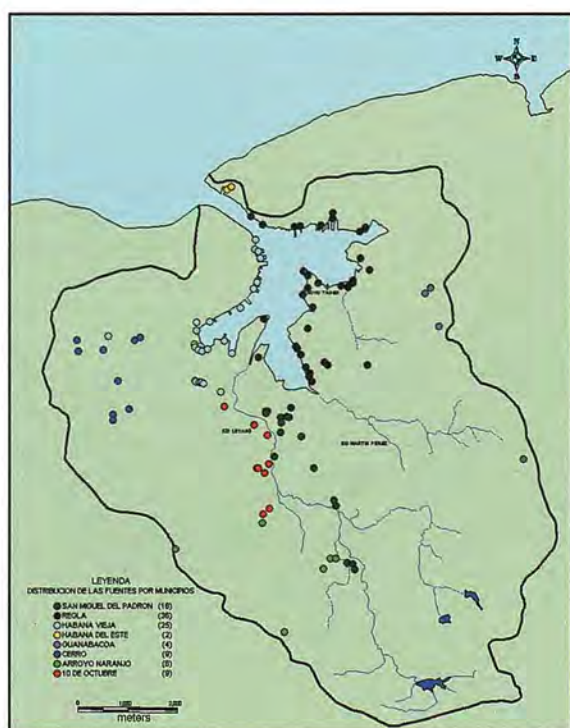
que mayor cantidad de fuentes contaminantes presentan dentro de sus límites (Fig. 4).

Entre los municipios que mayor cantidad de fuentes contaminantes presentan en su territorio, encontramos a Regla, en el cual se encuentran 36 fuentes contaminantes para un 33.6% del total, seguido por la Habana Vieja, con 25 fuentes contaminantes para un 23.4%. Entre los municipios de Regla y La Habana Vieja se encuentran más de la mitad de las fuentes contaminantes de toda la cuenca de la Bahía de La Habana con un total de 61 fuentes lo que representa el 57%. Con una menor, pero representativa cantidad, encontramos a San Miguel del Padrón, con 19 fuentes ubicadas en la cuenca del Río Luyanó y los municipios de 10 de Octubre y El Cerro con 9 fuentes cada uno. El resto se encuentra distribuido con una menor proporción entre los municipios de Arrollo Naranjo con 6, Guanabacoa con 4 y Habana del Este con 2. De esta forma quedan distribuidas las fuentes contaminantes en la cuenca de la Bahía, en la cual aparecen representados 8 municipios de un total de 10. Sin lugar a dudas se podría afirmar que existe una concentración de la acti-

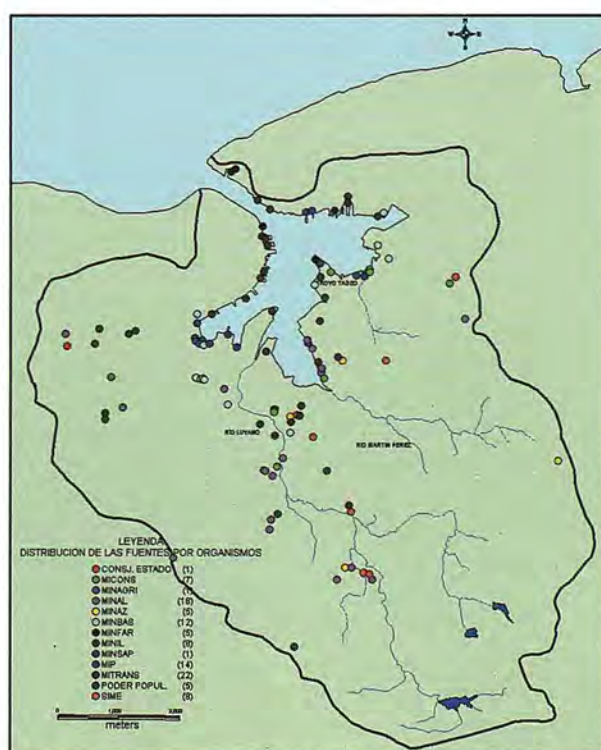
vidad productiva en los municipios de Regla y La Habana Vieja, ya que en estos se concentra un mayor número de fuentes contaminantes.

En toda la cuenca de la Bahía de La Habana aparecen representados, en las fuentes contaminantes 14 organismos, los cuales se caracterizan por tener una mayor o menor representatividad en el territorio (Figura 5).

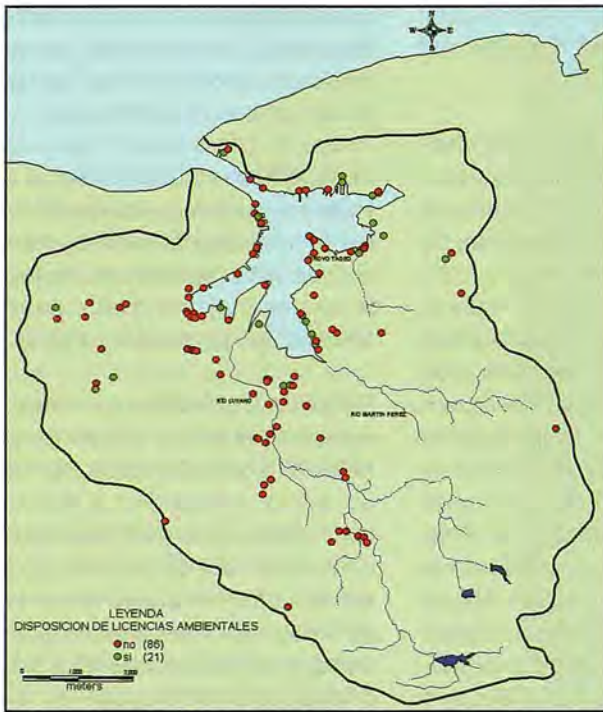
Entre los organismos con una mayor representatividad encontramos al MITRANS con 22 fuentes distribuidas en toda la cuenca. Por lo general estas fuentes se encuentran ubicadas dentro del recinto portuario y están estrechamente relacionadas con la actividad marítimo-portuaria, predominante en la bahía. Seguido a este encontramos al MINAL, con un total de 18 fuentes las cuales se encuentran ubicadas fuera del recinto portuario distribuidas en toda la cuenca, el MIP con 14 fuentes enclavadas en el recinto portuario y al MINBAS con 12, relacionadas con la actividad petrolera y producción de energía eléctrica. De forma menos representativa encontramos el SIME y el MINIL con 8, el MICONS con 7, el MINFAR, MINAL y el Gobierno con 5 y El Consejo de Esta-



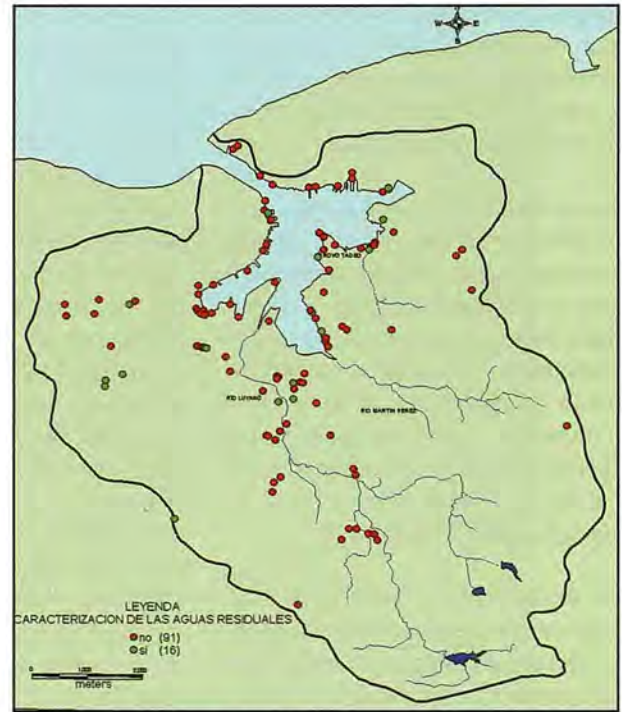
**Figura 4: Distribución de fuentes contaminantes por municipios.**  
Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.



**Figura 5: Distribución de las fuentes por organismos.**  
Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.



**Figura 6: Disposición de Licencias Ambientales por parte de las fuentes contaminantes.**  
**Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.**



**Figura 7: Caracterización de las aguas residuales.**  
**Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.**

do, MINSAP y MINAGRI con 1 individualmente. Según este análisis queda claro que las actividades fundamentales en la cuenca de la Bahía de La Habana son las relacionadas con las actividades Marítimo-Portuarias, Industria Alimenticia, la pesca y la Industria Básica. Lo anterior nos permite determinar responsabilidades sobre agentes contaminantes a un mayor nivel jerárquico, posibilitando la identificación de los organismos centrales con los problemas ambientales de la bahía y los conflictos de intereses que estos pueden generar sobre las actividades que se realizan.

El resto de los indicadores serán analizados a continuación. La caracterización será dirigida, más bien, a los indicadores medioambientales. El primer aspecto que será analizado es la disposición de las Licencias Ambientales por parte de las fuentes contaminantes. Las Licencias Ambientales es un documento oficial respaldado por la Resolución 77/99 del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente para ejercer el debido control del cumplimiento de lo establecido en la legislación ambiental vigente, este documento contiene la autorización que permite reali-

zar una obra u actividad. En otras palabras es el documento que autoriza la ejecución de una obra o el desarrollo de una actividad dada en un territorio determinado, desde el punto de vista medio ambiental. Este documento es vigente a partir del año 1995 y se le otorga a aquellas instalaciones que han experimentado un cambio en la línea tecnológica o en la actividad productiva previo a un análisis de impacto ambiental, lo que determina que las fuentes contaminantes que no contengan este documento es porque no han experimentado ninguno de estos procesos. En el caso de las fuentes contaminantes de la Bahía de La Habana encontramos que solo 21 presentan dicho documento. (Figura 6).

Otro de los indicadores que se ha tomado es la caracterización de las aguas residuales por parte de las fuentes contaminantes, la cual se les exige en los planes de medidas a las fuentes y que hasta el momento dista mucho de su cumplimiento, ya que solo 16 del total de fuentes tienen caracterizados estos residuales, aunque otro grupo está en el proceso de realización del mismo. Este indicador es muy importante ya que esta sería una prueba palpable y cuanti-

tativa del tipo de vertimiento y del grado de contaminación de la institución al ecosistema. (Figura 7).

En cuanto a la contaminación de las aguas por hidrocarburos, se considera que es uno de los indicadores fundamentales, ya que es el que mayor impacto ocasiona a la bahía con un aporte diario, por parte de 49 de las fuentes, de 19 t/d. Estas están distribuidas en 4.5t/d por parte de las fuentes indirectas y 14.5 t/d de las fuentes directas, donde toma una significativa relevancia la Refinería Níco López, con un valor estimado de 7 t/d y el mayor peso, a nivel de organismo, recae sobre El MINBAS, el cual está realizando serios esfuerzos para disminuir las cargas que sus fuentes vierten a la Bahía de La Habana. (Figura 8).

Estos esfuerzos son claramente observables ya que a finales de la década de los 80 los volúmenes de hidrocarburo que recibía la bahía diariamente eran realmente alarmantes, llegando a alcanzar la cifra de 33 t/d. Los resultados obtenidos en la actualidad no se deben solamente a la crisis económica que sufrió nuestro país a principios de la década de los

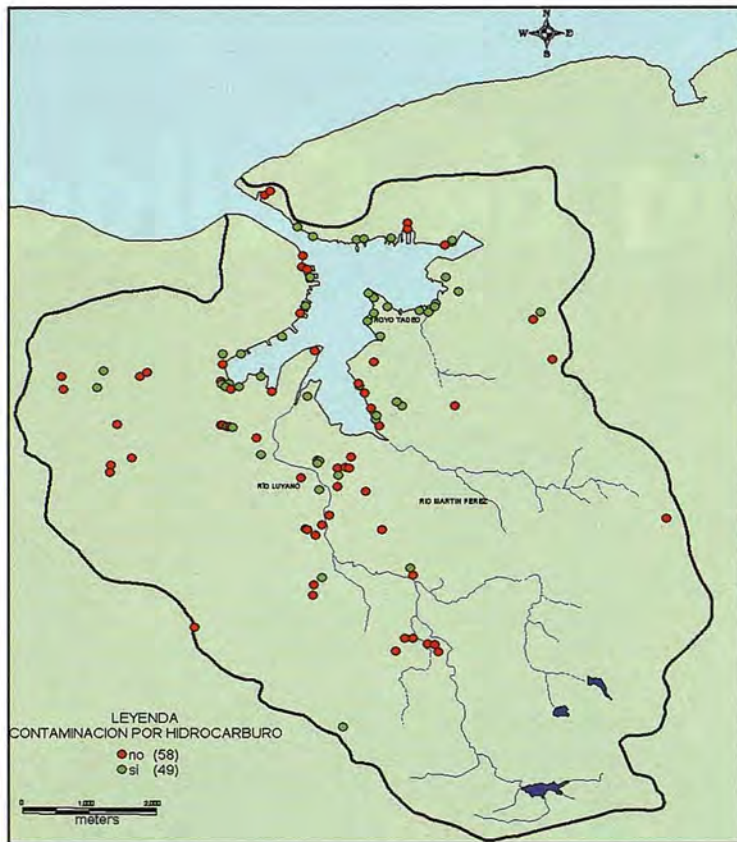
# Cartografía de Calidad

Empresa certificada a la  
calidad NOR ISO 9002

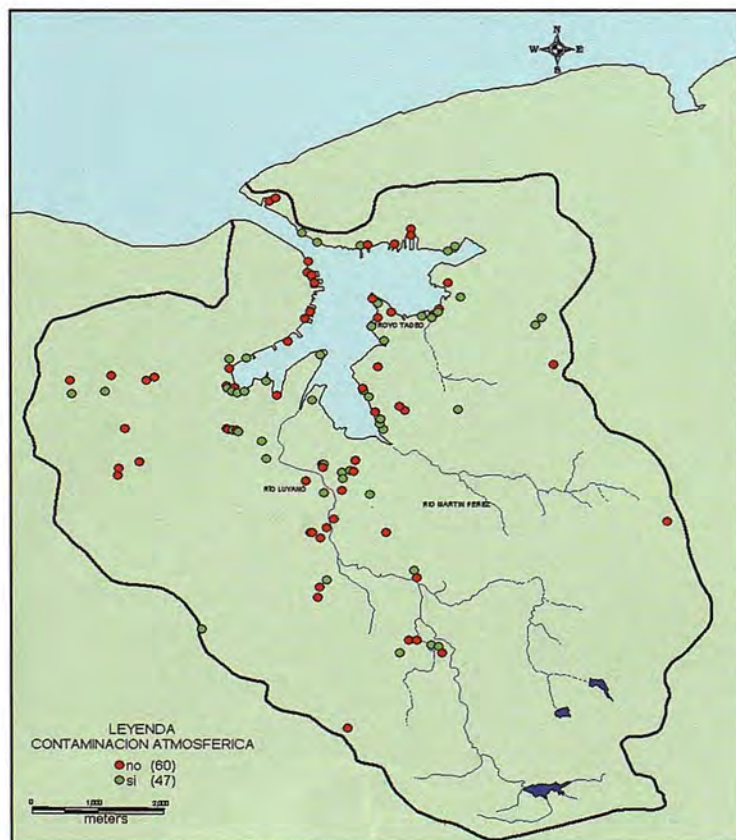


Avda. Hytasa, 38, Edificio Toledo, 1-4º  
41006 SEVILLA  
Tels.: 95 465 57 76 - 95 465 51 27 - Fax: 95 465 57 76  
E-mail: [invar@invarsl.com](mailto:invar@invarsl.com)  
[www.invarsl.com](http://www.invarsl.com)





**Figura 8: fuentes contaminantes por hidrocarburos.**  
Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.



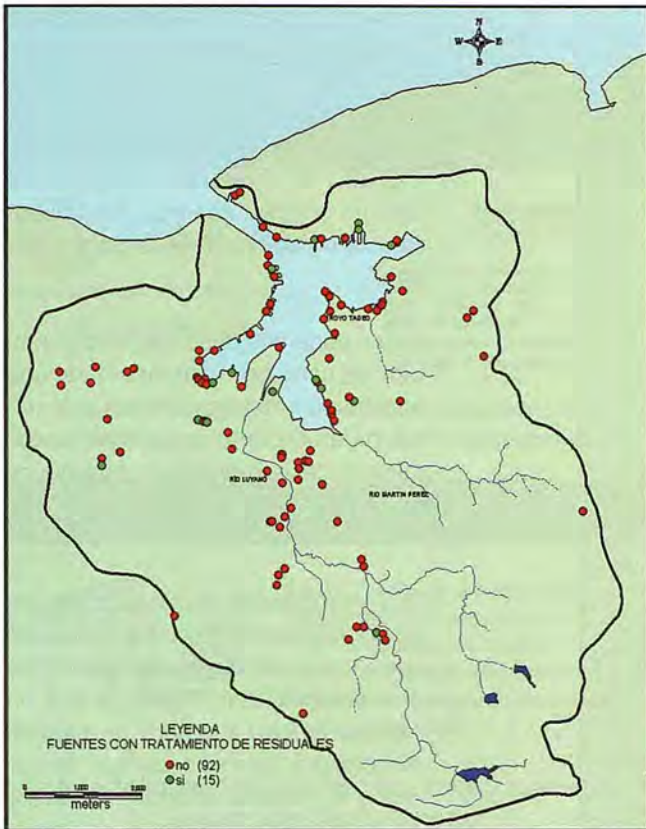
**Figura 9: Fuentes que emiten gases y partículas a la atmósfera.**  
Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.

90, ya que en la actualidad se ha visto una notable recuperación de la economía y estos valores nunca llegarán a tomar esa alarmante cifra, sino que son el resultado del esfuerzo combinado entre los organismos implicados y un grupo de instituciones relacionadas con el tema.

La contaminación atmosférica es otro aspecto analizado en este trabajo, es decir se realiza una identificación de aquellas fuentes que de una forma u otra emiten, desde un punto de vista significativo, gases o partículas a la atmósfera (ver Anexo 6). En este caso hay una mayor representatividad de las fuentes ya que 47 de estas, están identificadas con este tipo de problema ambiental. (Figura 9).

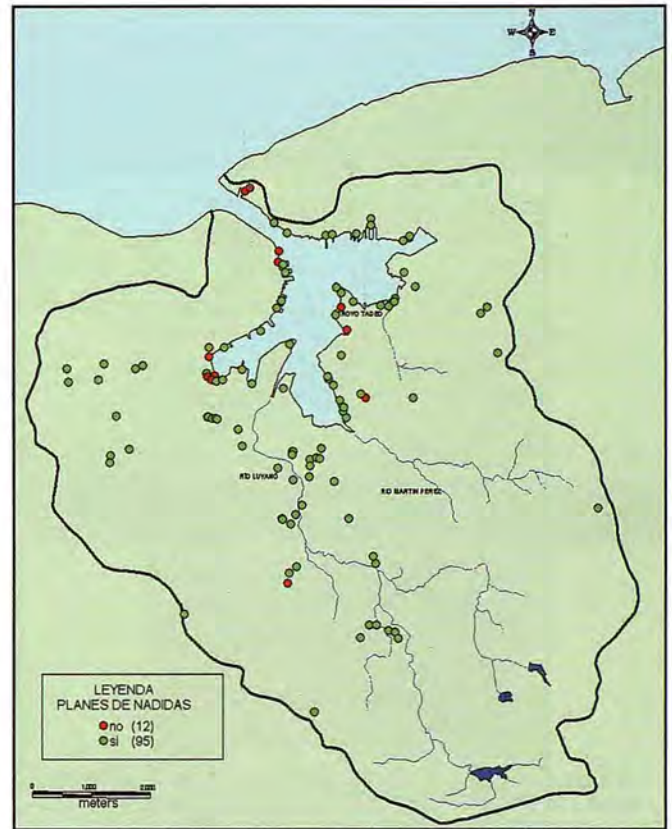
Como observamos en la figura existe una mayor concentración de estas fuentes contaminantes, con afectaciones a la atmósfera, en las fuentes directas, aunque no dejan de tener una notable representación en las indirectas. Entre las fuentes directas con un mayor aporte encontramos a la Refinería Níco López, el Incinerador de SAMAR y las tres termoeléctricas, estas últimas han disminuido notablemente su capacidad instalada o de explotación, lo que ha traído consigo una disminución en el aporte de estas partículas y gases. Para el caso de estas tres últimas está propuesta su desintegración del sistema nacional de producción energética para los años 2004 y 2005. La Refinería es la que presenta los valores más elevados de contaminación atmosférica, la cual aporta grandes cantidades de metales pesados, que traen grandes riesgos para la salud humana en las áreas aledañas.

El uso de materias primas peligrosas (inflamables, sustancias químicas, etc.), es otro indicador que se identifica ya que el mal manejo de estas pueden ocasionar una situación de desastre desde el punto de vista natural y antrópico. En este caso se identificó el uso de este tipo de sustancias en el proceso productivo por parte de 44 fuentes, lo que indica el trabajo a realizar en cuanto a los medios técnicos y el cumplimiento de las medidas de seguridad en estas.



**Figura 10: Fuentes con sistema de tratamiento de residuales.**

**Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.**



**Figura 11: Elaboración de los planes de medidas.**

**Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.**

Como habíamos afirmado anteriormente, los mayores volúmenes de contaminación que recibe la Bahía de La Habana por parte de estas fuentes corresponden a la contaminación orgánica, o sea es de origen orgánico, esto resalta la importancia del indicador que se analizará a continuación, ya que juega un papel importante entre las causas de la misma.

La presencia de un sistema de tratamiento, adecuado, de residuales líquidos en las fuentes contaminantes disminuiría sin lugar a dudas los volúmenes de contaminación que estas aportan a la bahía. Como prueba de esto tenemos los volúmenes de nutrientes y sólidos suspendidos que ingresan a la bahía diariamente (tabla 1). Solo 15 fuentes contaminantes presentan un adecuado sistema de tratamiento de residuales, lo que agrava la situación del ecosistema, ya que estos residuos llegan directamente a la bahía sin tratamiento previo aumentando cada vez más los niveles de contaminación y sedimentación de la misma. (Figura 10).

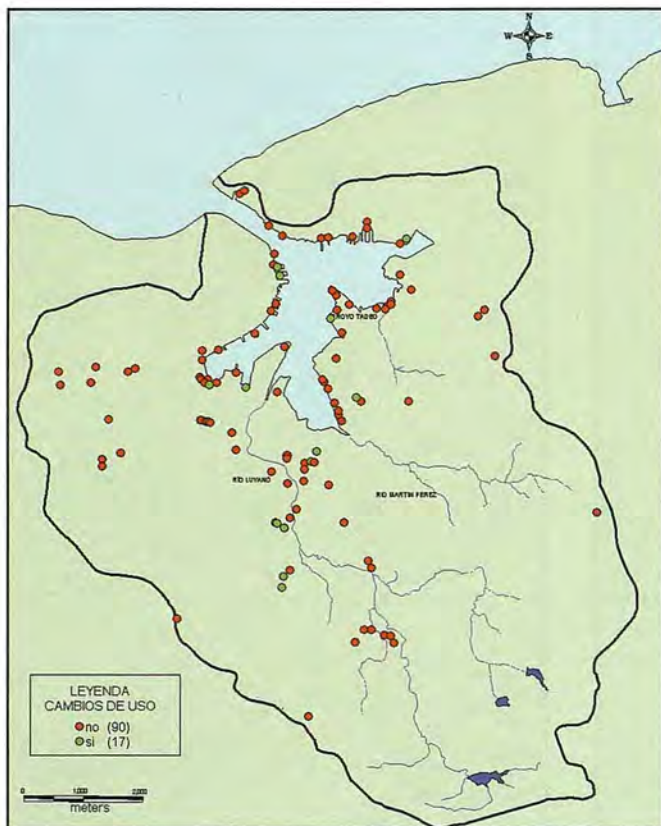
No solo se trata de identificar los problemas, sino de darle la solución adecuada con los medios que se dispongan, para esto se les exige la elaboración de los planes de medidas, las cuales están encaminadas a la mitigación o eliminación de los daños ecológicos que las fuentes contaminantes producen sobre su entorno, el cual influye sobre la bahía de forma indirecta. En este caso se observa un satisfactorio cumplimiento del indicador por parte de las fuentes, ya que todas las fuentes indirectas poseen planes de medidas, observándose un incumplimiento por parte de 12 fuentes directas (Figura 11).

Estos planes son elaborados con un cumplimiento a corto plazo (los problemas que pueden ser eliminados en un período relativamente corto, no mayor de 1 año, con esfuerzo y medios propios de la entidad), mediano plazo (un período no mayor de 4 a 5 años cuyos esfuerzos y medios deben de ser propios) y a largo plazo (un período de tiempo mayor de 5 años y que requieran de una inver-

sión, la cual debe de ser llevada a nivel de organismo).

Dentro del cumplimiento de los planes de medidas a través del tiempo encontramos el cierre de instalaciones y el cambio de uso o actividad productiva de las fuentes contaminantes, muchas han sido trasladadas de lugar y con otras se desconoce la solución o el uso que se les dará. Dentro de la cuenca encontramos 17 fuentes que en la actualidad han sufrido cambios de uso en su estructura productiva y 90 que no han experimentado ningún cambio de uso. (Figura 12).

Un caso particular de cambio de uso es el de La Fábrica de Levaduras Héroes de Bolivia, en la cual cambió su línea productiva y se proyecta un cambio tecnológico total, pasando a ser un complejo de Distribución y Botellería; también, aunque no esté presente un cambio de uso total, tenemos el Matadero Antonio Maceo, que cambió su actividad productiva, ya en esta instalación no se realizan



**Figura 12: Cambios de usos experimentados por las fuentes.**

**Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.**



**Figura 13: Cambios tecnológicos experimentados por las fuentes.**

**Fuente: Elaborado por el autor con el uso del SIG.**

matanzas, pero se siguen empacando embutidos y productos cárnicos.

Otro ejemplo de cambio de uso pero en fuentes directas, es el caso de CUBALUB, en esta instalación se dejó de envasar aceites y hasta ahora está propuesto el local para almacén.

Como podemos observar, estos cambios de usos han experimentado una disminución del impacto en el sistema natural, por lo que podemos catalogar a este proceso de positivo en su acción en el ecosistema Bahía-Habana.

Muy relacionado al cambio de uso tenemos a los cambios tecnológicos, que aunque parezcan iguales no tienen el mismo significado, ya que un cambio de uso requiere un cambio tecnológico, pero un cambio tecnológico no necesariamente conlleva a un cambio de uso, pero si es importante afirmar, que son de efectos favorables al medio. Este indicador está muy relacionado con la disposición de fondos financieros y recursos de las empresas u organismos para acometer dicha inversión.

En la figura 13, encontramos 27 fuentes que han sufrido cambios tecnológicos de una forma u otra y otras 80 que hasta ahora no han experimentado dichos cambios. Un cambio tecnológico significativo es el caso de la Fábrica de Gas Evelio Rodríguez Curvelo, la cual acometió una inversión que consistió en la conversión en la segunda línea de Coque-Fuel a NAFTA, lo que trajo consigo un aumento en la eficiencia productiva y una relativa disminución del vertimiento de residuales líquidos al Río Luyanó, como puede ser el aporte de hidrocarburos, etc. (Figura 13).

Como resumen de este capítulo podríamos afirmar que la situación ambiental de la Bahía de La Habana continúa siendo comprometedor desde el punto de vista ambiental, lo que nos obliga a continuar acumulando fuerzas y recursos con el fin de lograr un desarrollo sostenible para este ecosistema. Un factor importan-

# DIRECCIONES DE INTERÉS



Aplicaciones de CAD CAM y GIS S.L.

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

**autodesk**  
authorized systems center  
GIS

- Distribución, formación, soporte técnico y programación a medida sobre AutoCAD Map 2000 y Autodesk MapGuide.
- Aplicaciones Catastrales.
- Dirección de Proyectos GIS.

VALENCIA Av. Cid, 105 - 5º Tel. 96.383.72.65 [gis@aplicad.com](mailto:gis@aplicad.com)  
CASTELLÓN C/ Mayor, 100 - 3º Tel. 964.72.48.70 [aplicad@aplicad.com](mailto:aplicad@aplicad.com)



-Geoingeniería.

-Consultoría en Sistemas de Información.

-Soluciones SIG para la Administración.

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

Passeig Pere III 19 08240 MANRESA Tel 93 872 42 00



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](mailto:aet@latuv.uva.es)



GESTION DE SISTEMAS  
TOPOGRAFICOS

Parque Pisa, C/ Juventud, 24 - Ed. Juventud 1ª Planta  
41927 Malrena del Aljarafe - SEVILLA • Tel.: 95 418 55 50  
Fax: 95 418 55 52 • E-mail: [gst123@telellne.es](mailto:gst123@telellne.es)



## CARTOGRAFÍA Y CATASTRO

Cartografía, Topografía y Fotogrametría Analítica  
Sistemas de Información Geográfica  
Ortofotografías - Digitalizaciones - Catastros

Callosa de Segura, 3 Entlo. Izda. Tel. 965 92 18 20  
03005 ALICANTE Fax. 965 12 04 02



Equipos y Materiales de Precisión

TOPOGRAFÍA E INGENIERÍA  
OPTICA  
NAVEGACIÓN  
G.P.S.

ALQUILER-REPARACIÓN-VENTA, NUEVOS Y USADOS

Urbanización Marina de la Bahía  
C/ Temporal, 10 11510 PUERTO REAL (Cádiz)  
Tfno. 956 47 47 58 Fax: 956 47 36 29



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



954 42 59 64



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](mailto:fom_ges@mx3.redestb.es)  
47008 VALLADOLID

te y determinante de esta contaminación, fundamentalmente la de origen orgánico, son las fuentes contaminantes indirectas que no presentan sistemas de tratamiento de sus residuales, por lo que se debe realizar un conjunto de medidas con el fin de reducir estos aportes, por otra parte tenemos a las fuentes contaminantes directas, que su contaminación es fundamentalmente por hidrocarburos, provocada en muchas ocasiones por derrames, y que carecen también de sistema de tratamiento.

## CONCLUSIONES

Una vez implementado el Sistema de Información Geográfica, el cual nos permitió caracterizar y analizar espacialmente las fuentes contaminantes que vierten sus residuales a la Bahía de la Habana de forma directa o indirecta, arribamos a las siguientes conclusiones:

- 1- El SIG implementado fue capaz de caracterizar a las fuentes, según el comportamiento de los indicadores establecidos, brindándonos un satisfactorio análisis del comportamiento espacial de estas en el territorio.
- 2- Los SIG garantizan el intercambio de información digital, una alta protección a los datos, así como facilidades para su transporte.
- 3- Al implementarse el SIG nos facilitó operaciones de análisis que fueron divididas en espaciales y temáticas, las que nos dan la posibilidad de resolver problemas relacionados con el estudio de las fuentes contaminantes.
- 4- Con el SIG implementado se pueden generar salidas cartográficas que nos permitan dar una respuesta rápida y certera a los problemas o situaciones que se presenten.
- 5- A partir de la implementación del SIG se logró establecer que los municipios de Regla y Habana Vieja son los que mayor presencia de fuentes contaminantes, seguido por San Miguel del Padrón, 10 de Octubre y Cerro.
- 6- Pese a la ligera recuperación ecológica que está teniendo la Bahía de la Habana, se deben aumentar los esfuerzos y disposición de recursos para solucionar problemas tales como el tratamiento de residuos líquidos.
- 7- Los mayores índices de contaminación orgánica que recibe la Bahía de la Habana son provenientes de las fuentes indirectas, lo cual se debe principalmente al deficiente y casi nulo sistema de tratamiento de los residuos líquidos de las mismas, a los que se le suman las aguas albañales de toda la cuenca.
- 8- Los mayores índices de contaminación por hidrocarburos son provenientes de las fuentes directas, las que vierten directamente a la bahía.

## RECOMENDACIONES

- 1- Se debe continuar el proceso de actualización de las capas en el SIG, así como la inclusión en las mismas de nuevos atributos que nos permitan lograr una caracterización mucho más completa de las fuentes.
- 2- Introducción en el SIG. de nuevas capas de información, para lograr un mejor funcionamiento en el proceso de toma de decisiones sobre el territorio involucrado.
- 3- Aumentar las exigencias en los controles realizados con el fin de lograr que las fuentes logren caracterizar sus residuales líquidos, lo que nos serviría para realizar un análisis cuantitativo del impacto que estas ocasionan al medio.

## BOLETIN DE SUSCRIPCIÓN

## MAPPING

Deseo suscribirme a la revista MAPPING por 12 números al precio de 11 números.

Precio para España: 60 euros. Precio para Europa: 90 euros, y América: US\$ 120.

Forma de pago: Talón nominativo o transferencia a nombre de CARSIGMA CARTOGRÁFICA, S.L.

CAJA MADRID: Av. Ciudad de Barcelona, 136 - 28007 Madrid - Nº C/C2038-1813-92-3000864192

Enviar a: CARSIGMA CARTOGRÁFICA, S.L. - C/ Hileras, 4, 2º, Of. 2 - 28013 MADRID.

Nombre ..... NIF ó CIF .....

Empresa ..... Cargo .....

Dirección ..... Teléfono .....

Ciudad ..... C.P. .... Provincia .....

# Sus imágenes - en cualquier aplicación



prepare

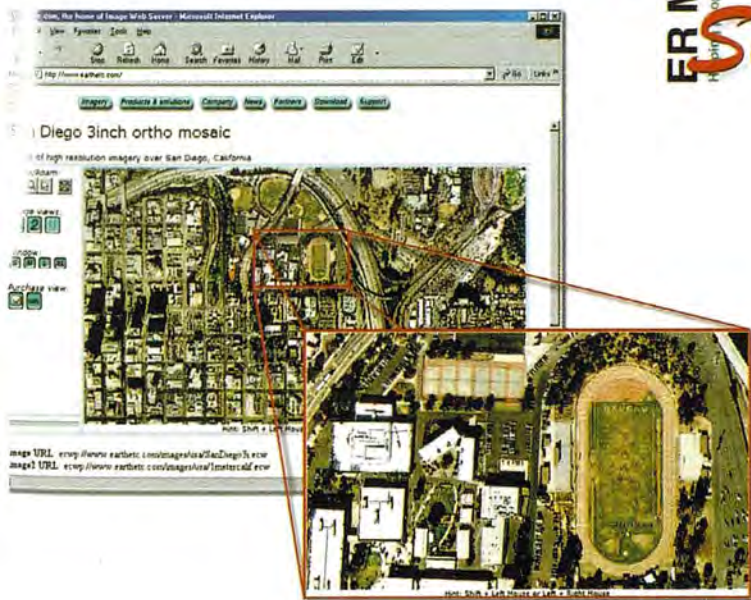
Your  
image  
solution

ECW  
compression

serve

ER Mapper  
Helping people manage the earth  
Image  
Web  
Server

use



## Prepare sus imágenes

Los asistentes de ER Mapper 6.1 ortorrectifican, hacen mosaico, balance de color y comprimen sus imágenes

## Use imágenes comprimidas

Descargue el Compresor ECW gratuito y los *plugins* para sus aplicaciones Office, GIS, CAD y Web.

## Sirva imágenes de cualquier tamaño

Sirva imágenes, incluso de terabytes, a usuarios GIS, CAD y Office en cualquier parte del mundo, en segundos, con el Image Web Server.

¡Compruébelo por si mismo hoy!  
[www.ermapper.com](http://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.

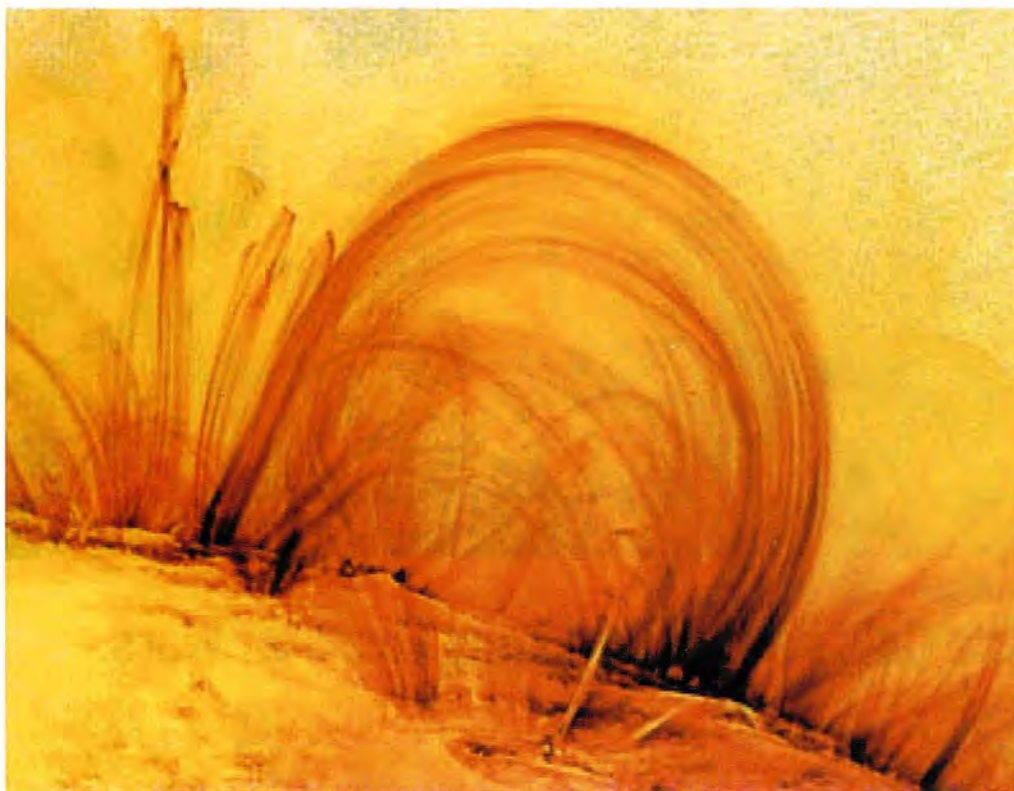
# ER Mapper

Helping people manage the earth

[www.ermapper-spain.com](http://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](mailto:info@ermapper-spain.com)

# IMPORTANTES PERTURBACIONES MAGNÉTICAS GPS, Z-XTREME, CON 14 DB DE VENTAJA



La prestigiosa revista TIME con fecha 27 de Mayo publicó la imagen anterior con la siguiente explicación: **TRACE, una sonda NASA tomó esta fotografía de la atmósfera externa del sol, la corona. TRACE aporta información al mundo científico estudiando los explosivos vientos solares que proyectan tormentas magnéticas hacia la tierra capaces de perturbar severamente las redes de transporte de energía.** Simultáneamente el SIDC de Bélgica, entre otros Observatorios, hizo pública la noticia de tres importantes erupciones que tuvieron lugar los días 21 y 22 del pasado mes de Mayo. Se sabe con certeza que estos fenómenos producen importantes alteraciones geomagnéticas en la ionosfera. Estas alteraciones están afectando en especial a la recepción de las señales GPS, anulando o alterando la recepción de la L2, impidiendo la formación del carril ancho (wide lane) y en consecuencia haciendo imposible la resolución de las ambigüedades. En esta situación muchos receptores ofrecen una solución flotante y

resultados imprecisos, sin que el usuario conozca exactamente lo que está ocurriendo.

Los receptores GPS de Ashtech, de doble frecuencia, comenzando con el Z-12 y continuando con los modelos Z-Surveyor y más recientemente Z-Xtreme, incorporan un circuito característico para proceso de la señal, denominado **Seguimiento-Z (Z-tracking)**. Este procedimiento exclusivo de Ashtech ofrece al usuario una señal con 14db de ventaja sobre los receptores competitivos, ventaja certificada por reconocidas y solventes personalidades (Hoffman, Seeber, Leik, etc..).

La consecuencia es clara, con los receptores de Ashtech, especialmente con el Z-Xtreme, no solamente estará a salvo de las tormentas solares sino que además podrá disfrutar del posicionamiento instantáneo **Instant RTK**, que le permite inicializar en un segundo. Aproveche estas ventajas. Para más información: Grafinta S.A.; Av. Filipinas, 46; Madrid 28003; Tel: 91 553 72 07; Fax: 91 533 62 82; e-mail [grafinta@grafinta.com](mailto:grafinta@grafinta.com); <http://www.grafinta.com>



**Ashtech**

Ashtech is a registered trademark, and Z-Xtreme, Instant-RTK, ZX-SuperStation and ZX-Solutions are trademarks of Thales Navigation. 12.01

**Grafinta**  
SOCIEDAD ANÓNIMA