



TRABAJO FINAL DE CARRERA

## Construcción de un SIG para la Gestión de Rutas en Caminos no Cartografiados

Miguel García Bover  
Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas  
Consultor: Mercè Escolà Carreras  
Curso 2006-2007 — Primer Semestre

*A mi mujer Lucía y a mi hijo Iván. Gracias por vuestra ayuda y comprensión, sin vosotros nada de esto hubiera sido posible. A mi hermano Quico, las librerías MSDN me han sido de gran ayuda... A mis padres, vosotros también habéis puesto vuestro grano de arena...*

*Y a todos los que directa o indirectamente me han ayudado a llegar hasta aquí.*

## Resumen

En este proyecto se construye un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite ampliar la cartografía estándar del territorio catalán con las rutas que han seguido, por caminos no cartografiados, los vehículos de una empresa veterinaria.

Esta memoria tiene dos partes bien diferenciadas, una de carácter marcadamente teórico y otra de carácter práctico. En la primera parte se introducen los SIG y los conceptos de cartografía y geodesia necesarios para la comprensión del proyecto. Se define el concepto GPS y se analizan los tipos de GPS disponibles en el mercado con el fin de seleccionar el que irá instalado en los vehículos para la captura de tramas. Finaliza esta primera parte con un análisis del software de desarrollo, en concreto se estudia el software SIG GeoMedia Professional 6.0, el software Visual Basic, empleado para el desarrollo de las aplicaciones, y Microsoft Access por ser el único tipo de almacén que es posible crear mediante GeoMedia.

La parte práctica de este proyecto describe la construcción del SIG y de una serie de aplicaciones que serán instaladas en GeoMedia como nuevos comandos. Para la construcción del SIG es fundamental disponer de una cartografía de Cataluña sobre la que se dibujarán las rutas realizadas por los vehículos, esto puede plantear algunos problemas ya que no siempre se encuentra la cartografía deseada. En el presente proyecto, toda la cartografía utilizada es gratuita y se ha conseguido en los portales Web del Instituto Catalán de Cartografía y del *Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat*. Tanto la cartografía de Cataluña como las rutas que realizan los vehículos se guardan en bases de datos Access. Además se ha creado una sencilla base de datos, para realizar la gestión de las rutas, a la que se puede acceder desde GeoMedia con los nuevos comandos.

Se cierra la redacción de esta memoria con una valoración económica del proyecto y las conclusiones a las que se han llegado. Si bien, las líneas de futuro se han incluido en aquellos capítulos que describen elementos a mejorar o evolucionar, en la conclusión de este proyecto también se han añadido algunas líneas generales de futuro.

## Índice

Agradecimientos	1
Resumen	2
Índice	3
Índice de Figuras	4
1. Introducción	5
1.1. Justificación del TFC y contexto en el que se desarrolla	5
1.2. Objetivos del TFC	5
1.3. Enfoque y método seguido	6
1.4. Planificación del proyecto	7
1.5. Productos obtenidos	11
1.6. Descripción de los capítulos de la memoria	11
2. Introducción a los SIG	13
2.1. ¿Qué es un SIG?	13
2.2. Composición de un SIG	14
2.3. La información en un SIG	15
2.4. Aplicaciones de los SIG	16
3. Conceptos de Cartografía y Geodesia	18
3.1. Definición de Cartografía y Geodesia	18
3.2. Los sistemas de Coordenadas	19
3.3. Proyecciones cartográficas	21
3.4. Datum	25
4. Conceptos GPS	26
4.1. ¿Qué es un GPS?	26
4.2. Tipos de GPS	28
4.3. El Método Diferencial (DGPS).	29
4.4. Conclusiones	30
5. Software	31
5.1. GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0	31
5.2. Visual Basic 2005	35
5.1. Access	37
6. Construcción del SIG	38
6.1. Modelo de Datos Cartográficos Base	39
6.2. Modelo de Datos Cartográficos de Carreteras y Rutas	43
6.3. Construcción de la Base de Datos	46
7. Construcción de las Aplicaciones	51
7.1. Conversor de Formato OziExplorer	52
7.2. Supervisor de rutas	53
7.3. Gestor de rutas	55
8. Valoración Económica y Conclusiones	58
9. Glosario	59
10. Bibliografía	61

## Índice de Figuras

1. <i>El geoide y el elipsoide: modelos de la forma de la Tierra</i>	17
2. <i>Paralelos y meridianos</i>	18
3. <i>Latitud</i>	18
4. <i>Longitud</i>	19
5. <i>Distribución de los Husos</i>	20
6. <i>Designación UTM- Resolución 1m y Resolución kilométrica</i>	20
7. <i>Proyecciones Cartográficas</i>	21
8. <i>Proyección Mercator</i>	22
9. <i>Proyección UTM</i>	23
10. <i>Representación de un Huso</i>	23
11. <i>Elipsoide y Punto Fundamental</i>	24
12. <i>Constelación NAVSTAR</i>	26
13. <i>Estaciones de seguimiento</i>	26
14. <i>Tall de series, full a escala 1:25.000</i>	37
15. <i>Detalle de ortofoto de Cataluña (1:5000)</i>	38
16. <i>Base Topográfica (1:5000) de la zona que vemos en la ortofoto</i>	38
17. <i>Series del ensamblado de hojas de la base topográfica 1:5000</i>	39
18. <i>Imagen raster .mmz y detalle del circuito de velocidad de Catalunya</i>	40
19. <i>Herramienta Visualizar archivos CAD</i>	40
20. <i>SIG con todas las capas topográficas</i>	41
21. <i>Ampliación de la zona del BARCELONES y el MARESME con toponimia</i>	41
22. <i>Datos Cartográficos de Carreteras</i>	42
23. <i>Ventana Canvi de projecció Cartogràfica del programa MiraMon</i>	43
24. <i>Puntos a corregir. Salida de la herramienta Validar Geometría</i>	43
25. <i>Ventana agregar entrada de leyenda.</i>	44
26. <i>Visualización de rutas en GeoWorkspace. Entorno de trabajo</i>	44
27. <i>Detalle de las rutas en el entorno de trabajo de SIG.</i>	45
28. <i>BBDD del SIG</i>	46
29. <i>BBDD Cartografía Base y clases de entidad con su atributo PK (Primary Key)</i>	46
30. <i>BBDD Rutas Cataluña y clases de entidad con su atributo PK.</i>	47
31. <i>Definición de Tablas</i>	48
32. <i>Tablas y Relaciones BBDD Gestión Rutas</i>	49
33. <i>Vista funcionamiento Conversor formato OziExplorer</i>	52
34. <i>DriveListBox y DirListBox</i>	52
35. <i>Controles Data (Data1), ComboBox (Combo1) y DataGrid</i>	53
36. <i>CommandButton</i>	53
37. <i>Diseñador de entorno de datos</i>	53
38. <i>Interfaz de usuario del comando</i>	54
39. <i>Interfaz de usuario del Gestor de Rutas (tabla clientes seleccionada)</i>	55
40. <i>Interfaz de usuario del Gestor de Rutas (tabla Rutas Diarias seleccionada)</i>	56
41. <i>Propiedades del control Adodc1</i>	56

## 1. Introducción

En este capítulo se conocerán los motivos que justifican la realización de este proyecto, ubicándolo, además, dentro del ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se conocerán también los objetivos marcados, el método seguido para su consecución y la planificación de las tareas que van a permitir alcanzarlos.

Como resultado de la realización de las tareas planificadas se obtienen unos productos que también serán introducidos en este capítulo. Por último se dará una descripción del resto de capítulos de esta memoria.

### 1.1. Justificación del TFC y contexto en el que se desarrolla

En este TFC se aprenderán una serie de conceptos para aplicarlos en la resolución de un caso práctico. La introducción a los SIG y los conceptos de cartografía y GPS, que se trabajarán en la primera parte de este proyecto, permitirán adquirir los conocimientos necesarios para solucionar, en la segunda parte de este proyecto, el problema planteado en el enunciado de este Trabajo de Final de Carrera (TFC).

Este proyecto se engloba en el contexto de los SIG (que se enmarcan, a su vez, en el amplio mundo de las Bases de Datos) e intenta dar solución a la problemática que le plantea, a una empresa de sanidad animal, el que la cartografía estándar no disponga de los caminos que van de las carreteras a las granjas de sus socios.

El SIG que se diseñará servirá para almacenar todas las rutas, realizadas por los vehículos de la empresa, con independencia de que se encuentren en la cartografía estándar. De tal modo que la empresa dispondrá de un "grafo" de los caminos necesarios para dar su servicio. Para capturar los datos no cartografiados se dispondrá de receptores de tramas GPS que permitirán la captura de los datos necesarios para crear la ruta seguida. Será necesario disponer del software que permita, a partir de los datos obtenidos por el GPS, generar la ruta realizada para incorporarla al SIG, almacenar y recuperar los recorridos realizados diariamente y gestionar las rutas realizadas.

Para el desarrollo del software de la aplicación que permita las funcionalidades de generación, supervisión y gestión de rutas se utilizará el lenguaje de programación Visual BASIC. Visual BASIC es un lenguaje de alto nivel para el desarrollo de aplicaciones en entornos Windows. Como principales ventajas comentar que es un lenguaje que permite programar aplicaciones sobre GEOMEDIA PROFESSIONAL.

### 1.2. Objetivos del TFC

Los objetivos que se pretenden conseguir con la realización de este TFC son por un lado los propios de la asignatura y por otro los objetivos que marca el enunciado del TFC, desarrollar un SIG que permita la gestión de rutas en caminos no cartografiados.

### Objetivos generales

Estos son los objetivos de la asignatura:

- Planificar y estructurar el desarrollo de un proyecto mediante la elaboración de un *Pla de Treball* aplicando una metodología adecuada.
- Trabajar los aspectos formales del desarrollo de proyectos.
- Elaborar una memoria del proyecto según la estructura fijada en un *Pla de Treball*.
- Elaborar una presentación del desarrollo y resultados finales de un proyecto.

### Objetivos del TFC

Estos son los objetivos de este TFC:

- Conocer las características fundamentales de un SIG.
- Saber plantear un proyecto SIG.
- Saber utilizar las herramientas que proporcionan los SIG para resolver un problema concreto.
- Adquirir los conocimientos cartográficos necesarios para el desarrollo de SIG.
- Adquirir los conocimientos necesarios sobre GPS para el desarrollo de este TFC.
- Aprender a trabajar con GEOMEDIA PROFESIONAL 6.0.
- Aprender a programar aplicaciones en Visual BASIC® para crear nuevas opciones en GEOMEDIA PROFESIONAL 6.0.
- Desarrollar un SIG que permita la gestión de rutas en caminos no cartografiados, sintetizando una solución viable y realista.

### 1.3. Enfoque y método seguido

Se trata de un proyecto que pretende obtener un producto que, como se ha comentado en el punto 1.1. Justificación del TFC y contexto en el que se desarrolla solucione la problemática que le plantea, a una empresa de sanidad animal, el que la cartografía estándar no disponga de los caminos que van de las carreteras a las granjas de sus socios.

La metodología que se seguirá constará de una parte teórica en la que se adquirirán unos conocimientos sobre SIG, cartografía, GPS, funcionamiento de GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 y Visual Basic 2005. Y una parte práctica en la que, aplicando los conocimientos adquiridos, se elaborará un producto que permitirá a la empresa de sanidad cartografiar y gestionar, según unos requisitos previos, las rutas realizadas por sus vehículos durante las visitas a las granjas de sus socios.

Para el diseño de las aplicaciones (parte práctica) se seguirá un método basado en el ciclo de vida del *Rational Unified Process*. Este ciclo de vida ha sido propuesto por la empresa *Rational Software* para el diseño de aplicaciones que utilizan sus herramientas. En concreto se seguirán las siguientes etapas:

1. Elaboración: Se estudia el dominio del problema, se analizan los requisitos no funcionales y restricciones, y se establece la arquitectura general de la aplicación.

2. Construcción: Desarrollo del producto de manera iterativa e incremental. A partir de las necesidades de información que deberán satisfacer las aplicaciones, se desarrolla la arquitectura obtenida en la fase anterior.
3. Transición: Comprende la entrega del producto y el inicio de su utilización, puede ser que en esta etapa se realice algún retoque.

En cada una de estas etapas se realizan en mayor o menor medida los siguientes componentes de proceso:

- Recogida de requisitos.
- Análisis y diseño.
- Realización.
- Pruebas.

Durante la realización de estas fases se utilizarán determinadas herramientas software. Para la elaboración de diagramas se utilizará principalmente *Poseidon for UML* y para el desarrollo del software los IDE (*Integrated Development Environment*) Visual Estudio 2005 y Visual Estudio .NET 2003.

#### 1.4. Planificación del proyecto

A continuación se detallarán las tareas fundamentales que permitirán conseguir los objetivos marcados y su planificación.

Tabla de tareas:

Tareas	Precedentes
1. Definición: estudio del alcance del proyecto	
1.1. Descargar documentación: Descargar el Plan de Estudios, el enunciado del TFC y la documentación facilitada por el consultor.	
1.2. Leer la Documentación: Lectura del Plan de Estudios, del enunciado del TFC y del resto de información facilitada por el consultor	1.1
2. Borrador PAC 1: Elaboración del borrador del <i>Pla de Treball</i>	
2.1. Búsqueda de Información: Búsqueda de la información necesaria para el desarrollo del TFC en bibliotecas, buscadores de Internet, en la bibliografía de otros TFC similares, etc. Priorizar el uso de documentación digital.	1.2
2.2. Reunir la documentación: De toda la información buscada en la tarea anterior recoger la información necesaria para la elaboración de cada una de la partes del TFC.	2.1
2.3. <i>Pla de Treball</i> : Redacción de los puntos que forman el <i>Pla de Treball</i> a excepción de los puntos relacionados con la temporización como la Planificación de tareas, diagrama de Gannt, etc.	2.2
2.4. Temporización: Una vez conocido el alcance de este TFC y redactada esta tabla de tareas se analizará el tiempo necesario para la consecución de cada una de ellas y se realizará su planificación, el diagrama de Gannt, etc. Revisión del software necesario para el desarrollo de esta tarea, analizar la necesidad de instalar Microsoft Project (instalado en Portátil) en PC de escritorio.	2.1, 2.3,
2.5. Incidencias, riesgos y plan de contingencias: Análisis de los posibles riesgos e incidencias que puedan ocurrir durante la elaboración y presentación del TFC así como la elaboración de un plan de contingencias.	2.4

2.6. Revisión de la Temporización realizada: Una vez analizados los riesgos e incidentes se revisará la temporización para intentar ajustarla, ya que se pueden modificar las fechas fijadas en el plan de estudio para la entrega de las PACs 2 y 3 en $\pm 5$ días.	2.5
2.7. Entregar borrador PAC 1: Entrega del borrador del <i>Pla de Treball</i> .	2.6
3. Instalación Software: Instalación y verificación del software necesario para el desarrollo del resto de fases del TFC: GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0, Visual BASIC®, etc.	
4. Corrección PAC 1: Revisión de las correcciones indicadas por el consultor en el borrador de la PAC 1 ( <i>Pla de Treball</i> )	
4.1. Revisión y Corrección PAC 1: Revisión y corrección del <i>Pla de Treball</i> en función de las indicaciones que el consultor ha realizado en el borrador. Finalizar aquellos puntos que por algún motivo hayan quedado pendientes o inacabados.	2.7
5. Entrega PAC1: Entrega del <i>Pla de Treball</i> .	4.1
6. Borrador PAC 2: Elaboración del borrador de la PAC 2. Esta será la parte teórica y de investigación del TFC. Para adquirir los conceptos necesarios para el desarrollo de esta PAC, el estudio se centrará, prioritariamente, en Trabajos y Proyectos de años anteriores.	
6.1. Introducción: Redacción de todos los apartados del capítulo excepto el apartado Productos Obtenidos	2.7
6.2. Introducción a los SIG: Estudio en profundidad de los SIG y redacción de todos los apartados de este capítulo.	5, 6.1
6.3. Conceptos de Cartografía: Estudio en profundidad de las nociones de cartografía necesarias y redacción de todos los apartados de este capítulo. Si durante la consecución de esta tarea, se observa que los puntos planificados inicialmente no cubren las necesidades del proyecto se ampliará este capítulo.	6.2
6.4. Conceptos sobre GPS: Estudio del GPS y redacción de todos los apartados de este capítulo. También durante la realización de esta tarea puede ser necesario incluir algún apartado más.	6.3
6.5. Software: Estudio, en profundidad del software de desarrollo y redacción de los apartados de este capítulo.	6.4
6.6. Entregar borrador PAC 2: Entrega del borrador de la PAC 2	6.5
7. Corrección PAC 2: Revisión de las correcciones indicadas por el consultor en el borrador de la PAC 2.	
7.1. Revisión y Corrección PAC 2: Revisión y corrección de la PAC 2 en función de las indicaciones que el consultor ha realizado en el borrador. Finalizar aquellos puntos que por algún motivo hayan quedado pendientes o inacabados.	6.6
8. Entrega PAC2: Entrega de la PAC 2	7.1
9. Borrador PAC 3: Elaboración del borrador de la PAC 3. Esta parte estará dedicada mayormente al desarrollo de las aplicaciones que se indican en el enunciado de este TFC.	
9.1. Construcción del SIG: Desarrollo del SIG con GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 y redacción de los apartados de este capítulo.	6.6
9.2. Construcción de las Aplicaciones: En esta tarea se desarrollará el Generador de rutas, el Supervisor de rutas, el Gestor de rutas y se redactarán los apartados de este capítulo.	8, 9.1
9.3. Entregar borrador PAC 3: Entrega del borrador de la PAC 3	9.2

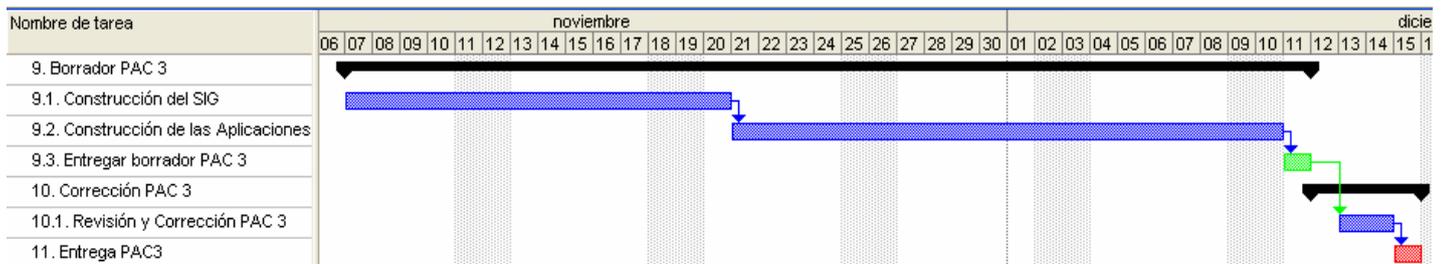
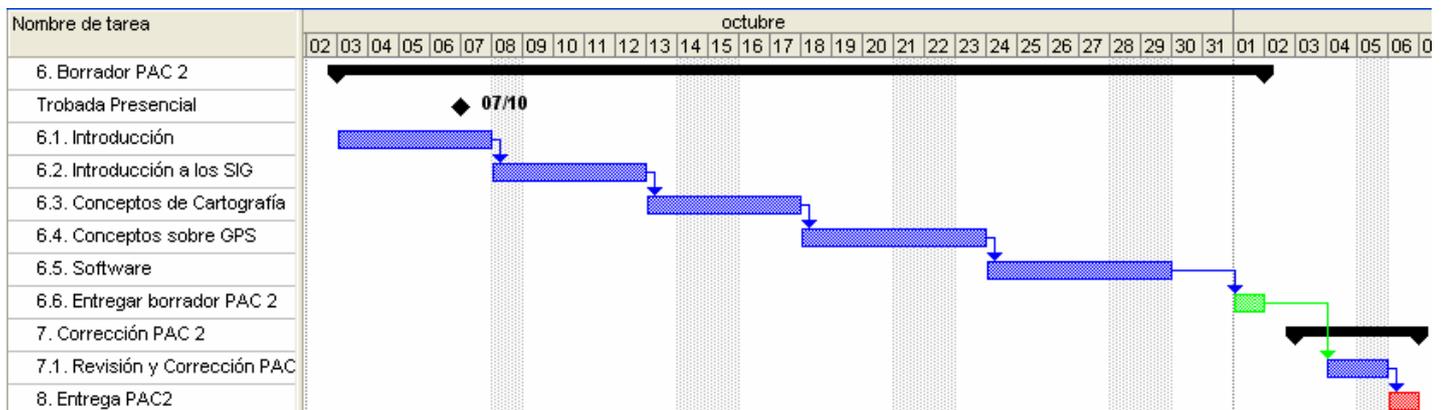
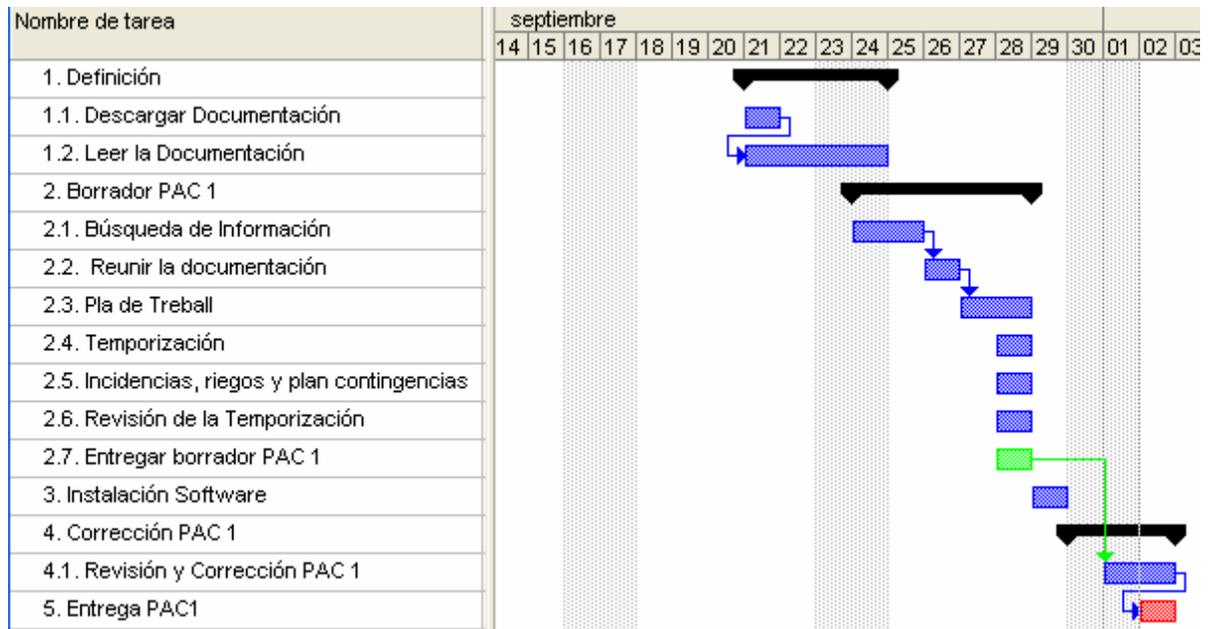
10. Corrección PAC 3: Revisión de las correcciones indicadas por el consultor en el borrador de la PAC 3.	
10.1. Revisión y Corrección PAC 3: Revisión y corrección de la PAC 3 en función de las indicaciones que el consultor ha realizado en el borrador. Finalizar aquellos puntos que por algún motivo hayan quedado pendientes o inacabados.	9.3
11. Entrega PAC3: Entrega de la PAC 3	10.1
12. Valoración económica del proyecto y conclusiones: Redacción de la valoración económica del proyecto, de las conclusiones finales y del apartado Productos obtenidos, del capítulo Introducción	9.3
13. Revisión de la Memoria: Revisión de la redacción, semántica y ortografía de la memoria.	11, 12

Planificación:

Tarea	Fecha	Acontecimiento
1. Definición	21/09 → 24/09	
1.1. Descargar Documentación	21/09	Enunciado TFC
1.2. Leer la Documentación	21/09 → 24/09	
2. Borrador PAC 1	24/09 → 28/09	
2.1. Búsqueda de Información	24/09 → 25/09	
2.2. Reunir la documentación	26/09	
2.3. <i>Pla de Treball</i>	27/09 → 28/09	
2.4. Temporización	28/09	
2.5. Incidencias, riegos y plan contingencias	28/09	
2.6. Revisión de la Temporización	28/09	
2.7. Entregar borrador PAC 1	28/09	Correcciones del consultor
3. Instalación Software	29/09	
4. Corrección PAC 1	30/09 → 02/10	
4.1. Revisión y Corrección PAC 1	01/09 → 02/10	
5. Entrega PAC1	02/10	
6. Borrador PAC 2	03/10 → 01/11	
6.1. Introducción	03/10 → 07/10	<i>Trobada Presencial: 07/10</i>
6.2. Introducción a los SIG	08/10 → 12/10	
6.3. Conceptos de Cartografía	13/10 → 17/10	
6.4. Conceptos sobre GPS	18/10 → 23/10	
6.5. Software	24/10 → 29/10	
6.6. Entregar borrador PAC 2	01/11	Correcciones del consultor
7. Corrección PAC 2	02/11 → 06/11	
7.1. Revisión y Corrección PAC 2	04/11 → 05/11	
8. Entrega PAC2	06/11	
9. Borrador PAC 3	07/11 → 11/12	
9.1. Construcción del SIG	07/11 → 20/11	
9.2. Construcción de las Aplicaciones	21/11 → 10/11	
9.3. Entregar borrador PAC 3	11/12	Correcciones del consultor
10. Corrección PAC 3	12/12 → 15/12	
10.1. Revisión y Corrección PAC 3	13/12 → 14/12	
11. Entrega PAC3	15/12	
12. Valoración económica	16/12 → 18/12	

13. Revisión de la Memoria	19/12 → 22/12	
14. Presentación del TFC	23/12 → 05/01	
15. Entrega de la Memoria y presentación.	08/01/2007	
16. Debate	15/01 → 19/01	

Gannt:





## **Software**

Presentación del software utilizado para el desarrollo del SIG y de las aplicaciones de apoyo. Se conocerán las principales funcionalidades de GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 y se profundizará en su manejo. Se introducirá Visual Basic como el lenguaje de programación de las aplicaciones de apoyo y Microsoft Access como Base de Datos del proyecto.

## **Construcción del SIG**

Capítulo marcadamente práctico en el que se desarrolla la parte más importante del proyecto. Una vez adquiridos los conceptos teóricos se estará en condiciones de afrontar la parte práctica en la que se diseñará y construirá el SIG necesario para la empresa de sanidad animal, con el territorio que ésta necesita –*Catalunya*- y las divisiones administrativas (municipios, comarcas, etc.) que requiera.

## **Construcción de las Aplicaciones**

Este capítulo pertenece también a la parte práctica, en él se desarrollan las diferentes fases (análisis, diseño, codificación y pruebas) de creación de las aplicaciones: Conversor de formato OziExplorer, Supervisor de rutas, y Gestor de rutas. Se ha dedicado un apartado a la creación de cada aplicación.

## **Valoración económica del proyecto**

Análisis de la viabilidad económica del proyecto. Básicamente se analizarán los costes que representaría para una empresa la implementación de la solución planteada en este proyecto.

## **Conclusiones**

Valoración global del proyecto. Se analizará la evolución del proyecto según los objetivos conseguidos y las tareas e hitos cumplidos, recogiendo las principales particularidades ocurridas durante el desarrollo de este TFC.

## 2. Introducción a los SIG

En este capítulo se establecerá el significado de SIG y se determinarán los principales elementos que lo componen. Se conocerá el tipo de información utilizada por un SIG así como el modo en el que la almacena y relaciona, este es uno de los puntos que los diferencia de otros sistemas de información, por último se conocerán las principales aplicaciones de los SIG.

### 2.1. ¿Qué es un SIG?

El desarrollo de los SIG ha ido íntimamente ligado al desarrollo tecnológico y ha sido en los últimos años en los que su difusión y uso ha aumentado especialmente ya que el descenso del precio del hardware, necesario para soportar los componentes software y los contenedores de datos, ha permitido al público en general acceder a estos sistemas.

Para el desarrollo de este proyecto se ha tenido acceso a multitud de información y se ha podido comprobar que el término SIG ha sido ampliamente definido por expertos que acreditan su conocimiento con años de experiencia. En este proyecto no se pretende dar una nueva definición del término SIG que se sume a las anteriores, sería presuntuoso. Lo que se pretende es que el término SIG quede perfectamente definido.

Con este fin se organizará la definición según su carácter general, funcional o tecnológico (al igual que en el capítulo "Los Sistema de Información Geográfica" de la obra "SIG y medioambiente"), concluyendo con una síntesis de las acepciones encontradas.

En una **definición general** predomina la idea global y abstracta del SIG, sin especificar que funciones proporciona y sin entrar en detalles tecnológicos:

"Un SIG abarca tecnología de la información, gestión de la información, asuntos legales y de negocios, y conceptos específicos de materias de un gran abanico de disciplinas, pero es implícito en la idea de SIG que es una tecnología usada para tomar decisiones en la solución de problemas que tenga al menos una parte de componente espacial" (*SIG y medioambiente: Capítulo I*)

Una **definición funcional** determina las funciones principales de los SIG:

"Un SIG no es simplemente un sistema informático para hacer mapas, aunque pueda crearlos a diferentes escalas, en diferentes proyecciones y con distintos colores. Un SIG es una herramienta de análisis. La mayor ventaja de un SIG es que permite identificar las relaciones espaciales entre características de varios mapas. Un SIG no almacena un mapa en sentido convencional, ni almacena una imagen concreta o vista de un área geográfica. En vez de ello, un SIG almacena los datos a partir de los cuales se puede crear la escala deseada, dibujada para satisfacer un producto. En suma un SIG no contiene mapas o gráficos, sino una base de datos. El concepto de las bases de datos es central para un SIG, y es la principal diferencia entre un SIG y un simple graficador o sistema informático de cartografía, que solo puede producir buenos gráficos" (*SIG y medioambiente: Capítulo I*).

Y por último, **tecnológicamente** podemos definir un SIG como un sistema formado por hardware y software que podrá ser utilizado como herramienta para la realización de estudios que tengan un componente geográfico. Tecnológicamente, un SIG es para el análisis geográfico lo que un microscopio es para la biología y un telescopio para la astronomía.

Sintetizando, un SIG es un hardware, un software y unas personas que explotan sus funcionalidades con el fin de tomar decisiones a partir de los datos almacenados en bases de datos, de las cuales al menos una almacenará información geográfica.

## 2.2. Composición de un SIG

En todo sistema existen una serie de componentes fundamentales, necesarios para llevar a cabo las tareas para las que fue diseñado. En el caso de los SIG, los componentes son:

**Software:** El software SIG proporciona las funcionalidades y herramientas para almacenar, analizar y mostrar la información geográfica. Los componentes software principales son:

- Sistemas de gestión de bases de datos.
- Herramientas para la edición de la información geográfica.
- Herramientas de análisis, consulta y visualización de datos geográficos.
- Una interfaz gráfica de usuarios (GUI, *Graphical User Interface*) que facilita el manejo de las diferentes herramientas.

El software SIG se suele dividir en 5 partes funcionales:

- Introducción y verificación de datos
- Almacenamiento de datos y gestión de bases de datos.
- Transformación de los datos.
- Interacción con el usuario
- Salida y presentación de datos.

**Hardware:** Hoy en día, el software SIG funciona en un amplio rango de ordenadores, desde servidores centrales hasta ordenadores personales pasando por configuraciones distribuidas. Cuando se habla de hardware también se hace referencia a los dispositivos de entrada, salida y almacenamiento de datos:

- Dispositivos de entrada: Teclado, ratón, escáner, tabletas digitalizadoras, etc.
- Dispositivos de salida: Monitores, impresoras, *plotters*, etc.
- Dispositivos de almacenamiento: Discos duros, discos ópticos, *pendrive* (memorias USB/firewire), discos magnéticos, cintas magnéticas, etc.

**Datos:** La disponibilidad y precisión de los datos afectarán a los resultados de cualquier análisis. Se requieren buenos datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a las preguntas de la forma más acertada posible. Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios u obtenerse a través de proveedores de datos. La obtención de unos buenos datos puede suponer una parte importante del presupuesto de implementación del SIG. Aunque, progresivamente, la administración está empezando a publicar datos de forma gratuita, existen empresas que venden datos cartográficos de una precisión muchas veces suficiente.

**Métodos:** El uso del SIG requerirá la definición de unas reglas de actividad eficientes, que garanticen un funcionamiento fiable y eficaz del SIG dentro de la organización.

**Personas:** Las personas como parte del SIG son las responsables de:

- Realizar la entrada de los datos necesarios para que funcione y controlar su calidad.
- Realizar la explotación de dichos datos una vez en el sistema: consultas y análisis
- Realizar las salidas de dicha información para usuarios no gráficos: presentación de resultados en mapas, documentos, etc.

### 2.3. La información en un SIG

Todo en los SIG gira alrededor de la información, si por ejemplo se desea analizar el nivel de contaminación de un río, se deberá contar con la información geográfica que facilite su localización en la Tierra, pero además es necesaria información temática sobre su profundidad (que dependerá de la zona del río), su afluencia, la composición del agua, su cauce, etc. Una vez recogidos los datos, se almacenarán en bases de datos y se les dará un tratamiento adecuado a los resultados que se quieran obtener.

Siguiendo con el ejemplo anterior, para representar la contaminación de un río, se utilizará un formato de representación de los datos que permita describir objetos geográficos con límites difusos (Modelo *raster*), ya que la contaminación no suele estar restringida a un área perfectamente delimitada del río (no existe una frontera entre el agua totalmente descontaminada y el agua contaminada que se pueda representar con un formato vectorial, como por ejemplo un polígono), si no que suele ser gradual y habrá zonas de mayor y otras de menor grado de contaminación.

En función, pues, de la información que se desea obtener, se deberá disponer de un tipo de datos que una vez introducidos en el SIG y gestionados debidamente podrán ser tratados para analizarlos y presentarlos en un formato de salida adecuado.

#### 2.3.1. Modelo de datos.

Un modelo de datos es un sistema formal y abstracto que permite representar la información del problema a resolver según unas reglas y convenios predefinidos. Los más usados en los SIG son:

- **Modelo relacional:** En este modelo la tabla (filas y columnas) es la estructura de datos básica. Se crean diferentes tablas de datos sobre los elementos del territorio que se almacenan por separado en función de criterios temáticos. Las tablas se relacionan mediante atributos clave únicos dentro de la tabla. Este modelo de datos es muy versátil y permite, por ejemplo, realizar consultas según criterios, a varias tablas a la vez.
- **Modelo orientado a objeto:** Este modelo toma como base la idea de objeto definida en el paradigma de programación orientada a objeto. Ahora, los objetos geográficos, además de unos atributos tienen unas operaciones que los definen. A este modelo se le pueden aplicar todas las características de la programación orientada a objeto como son la herencia, el polimorfismo, etc.

Independientemente del modelo de datos utilizado, en los almacenes de datos del SIG se pueden encontrar:

- Información alfanumérica: Proporciona información descriptiva sobre las características de las entidades gráficas. Con esta información se complementa el aspecto gráfico del objeto geográfico añadiéndole una serie de atributos necesarios a veces para modelar con mayor rigor la realidad que se quiere reflejar en el SIG.
- Información geográfica: La información geográfica puede estar principalmente en formato raster y vectorial:
  - Formato vectorial: Es el formato de datos que utiliza puntos, líneas y polígonos para representar la información geográfica. Las unidades vectoriales están caracterizadas por el hecho de que su localización geográfica puede ser definida independientemente y de forma muy precisa, mediante sus relaciones topológicas. Las capas vectoriales son útiles para describir los distintos elementos de terreno, tales como carreteras, red hidrográfica, límites administrativos, y otros.
  - Formato raster: La información geográfica también puede estar representada en conjuntos de unidades regulares constituido por celdillas o píxeles, en forma de mosaico. El píxel es la forma más simple y la malla regular en forma de mosaico se conoce como estructura raster. Cada uno de estos píxeles contiene un valor numérico que expresa una determinada característica del terreno en esa localización. Es un formato muy apropiado para la descripción de datos espaciales continuos como altitud, contaminación, temperatura, precipitación.

### 2.3.2. Entrada de datos.

El modo más simple de introducir los datos es tecleando las coordenadas en un software SIG, pero sólo será operativo si se trata de las coordenadas de un punto. De todos modos, existen otros modos más eficaces de hacerlo:

- Escaneando datos analógicos (mapas) para obtener el modelo *raster* digital.
- Con una tableta digitalizadora, que permite localizar con precisión los puntos de datos en el mapa.
- Con un *stereoplotter*, que es un *plotter* fotogramétrico con múltiples proyectores usado para obtener una imagen estereoscópica de la realidad.
- Mediante herramientas de edición del software SIG, digitalizando los datos que se quieren representar con un Mouse sobre la cartografía.

### 2.3.3. Salida de datos.

La salida de datos hace referencia a la capacidad del SIG de mostrar los datos obtenidos, de forma que sean comprensibles para las personas que trabajan con estos sistemas.

Si bien, hay múltiples medios para presentar la información, los dispositivos de salida que soportan la visualización de dicha información pueden agruparse en dispositivos que presentan visualizaciones efímeras en pantallas de visualización de diversos tipos y modelos, y aquellos que producen imágenes definitivas en materiales base permanentes, como el papel, por medio de dispositivos como la impresora, *plotter*, etc.

## 2.4. Aplicaciones de los SIG

En la definición funcional de SIG se ha visto un SIG como una herramienta de análisis que permite la integración de diversos contenedores de datos espaciales y la implementación de técnicas de análisis de datos. Efectivamente, cualquier

actividad relacionada con el espacio, puede beneficiarse del trabajo con SIG. Entre las aplicaciones más usuales destacan:

- Científicas: Ciencias medioambientales, modelización cartográfica, teledetección, etc.
- Gestión: Cartografía automática, catastro, ordenación territorial y urbana, etc.
- Empresarial: Marketing, localización óptima, planificación de transportes, etc.

Las tareas que suelen ser comunes a todas estas disciplinas que utilizan SIG para la solución de diversos problemas son:

**Organización de datos:** Sustitución de mapas físicos en papel por mapas digitales almacenados en contenedores de datos.

**Visualización de datos:** La posibilidad de visualizar fácilmente diversas capas de información, permite mejorar la capacidad de análisis que ofrecen los productos en papel.

**Producción de mapas:** Simplifican en general la producción de mapas, siendo bastante simples la inclusión de rejillas de coordenadas, escala gráfica y numérica, leyenda, flecha norte y textos diversos.

**Consulta espacial:** Posiblemente la función más importante de los SIG es que facilita al usuario tareas como conocer las propiedades de un determinada área geográfica, o dadas unas propiedades, qué lugares de un determinado territorio las cumplen. La interacción entre usuario y datos es dinámica y permite múltiples funcionalidades como conocer la evolución forestal de determinadas zonas geográficas.

**Análisis espacial:** Consiste en el uso de un conjunto de técnicas de análisis a partir de la combinación de las diversas capas de información, con el fin de evidenciar patrones o establecer relaciones entre los datos de las diferentes capas de datos. Es un modo de inferir significado a partir del cruce de datos.

**Previsión:** Representa el modelo de análisis avanzado por su importancia para la humanidad. Uno de los propósitos de los SIG es el de verificación de escenarios, modificando los parámetros para evaluar cómo determinados eventos, ocurrirían si las condiciones fuesen diferentes, obteniendo un conocimiento mayor de los objetos o el área de estudio que puede permitir el adelantarse a determinadas situaciones potencialmente perjudiciales para la empresa, población etc.

**Creación de modelos:** La capacidad de almacenamiento, recuperación y análisis de datos espaciales convierte a los SIG en plataformas ideales para el desarrollo y aplicación de modelos distribuidos espacialmente, y para la validación de escenarios hipotéticos. Si se quiere analizar la situación del tráfico aéreo en la Región Balear, en unas determinadas condiciones de afluencia de tráfico, se puede crear un modelo en el que se distribuyan las aeronaves, en el espacio aéreo que gestiona esta Región, según la situación de afluencia de tráfico deseada o incluso crear un hipotético escenario potencialmente conflictivo (por ejemplo, cruces entre aeronaves sin respetar la distancia mínima por turbulencias) sobre el que se podrán inferir soluciones.

### 3. Conceptos de Cartografía y Geodesia

Como se ha visto en el apartado anterior (2. Introducción a los SIG) los SIG se aplican a todas aquellas actividades en las que se requiere la utilización de bases de datos geográficas. La geografía trata de la descripción de la tierra, y para describir la tierra de modo que se pueda representar se precisa de la Cartografía y Geodesia. En este capítulo se presentarán los conceptos básicos sobre Cartografía y Geodesia para trabajar con un SIG.

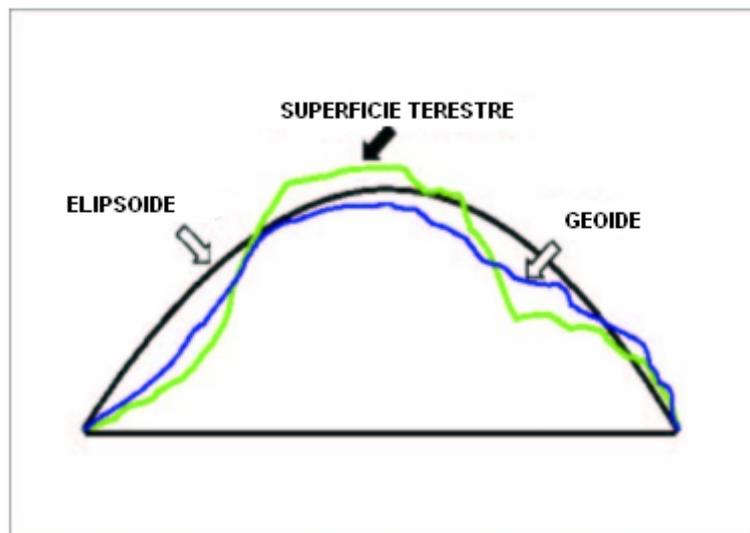
#### 3.1. Definición de Cartografía y Geodesia

El objetivo de la cartografía es representar en un plano una parte más o menos extensa, e incluso la totalidad, de la superficie de la Tierra.

Pero la forma de la Tierra no es lo que se puede decir una forma totalmente esférica, su forma es más achatada en los polos que en toda la zona ecuatorial, a esta figura se le ha denominado geoide. El geoide es la forma teórica de la Tierra, determinada por la Geodesia, que coincide aproximadamente con la de las aguas oceánicas prolongadas imaginariamente por debajo de los continentes.

La Geodesia es pues la ciencia que estudia la forma, dimensiones y campo gravitatorio de la Tierra, abarca un campo muy amplio y una de sus mayores utilidades en relación a los SIG, es que mediante sus técnicas es posible aproximar cualquier punto de la Tierra a un punto del geoide para, después, poderlo proyectar en el plano de la forma más precisa posible.

Las características principalmente físicas del geoide hacen que su representación sea complicada, y por lo tanto para conocer dicha superficie es necesario establecer modelos matemáticos que permitan reproducir su comportamiento. La relación que va a permitir reducir el geoide a un elipsoide está definida básicamente por la denominada ondulación del geoide, la cual determina para cada punto, la distancia lineal a la que se encuentra el geoide con relación al elipsoide.



1. El geoide y el elipsoide: modelos de la forma de la Tierra

La cartografía estudia los sistemas de proyección más adecuados para definir de forma biunívoca una correspondencia matemática entre los puntos del elipsoide y sus transformaciones en el plano según un sistema de coordenadas que permitirá la

representación de dichos puntos; a estos métodos se les llama Proyecciones Cartográficas.

### 3.2. Los sistemas de Coordenadas

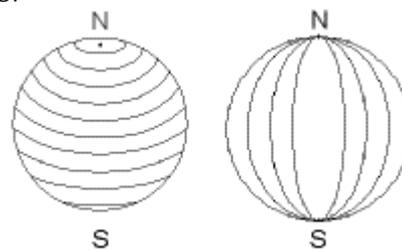
Un sistema de coordenadas es un conjunto de valores que permiten definir inequívocamente la posición de cualquier punto en el espacio, proporcionando la base matemática necesaria para relacionar las entidades del área de estudio con sus posiciones en el mundo real.

En este apartado se hará una breve introducción a los sistemas de coordenadas geográficas que son de especial interés por su relación con los SIG.

#### Coordenadas geográficas

Uno de los métodos más antiguos de localización de un punto situado sobre la esfera terrestre esta basado en el sistema de coordenadas geográficas. El sistema de coordenadas geográficas más clásico es el que emplea la latitud y la longitud.

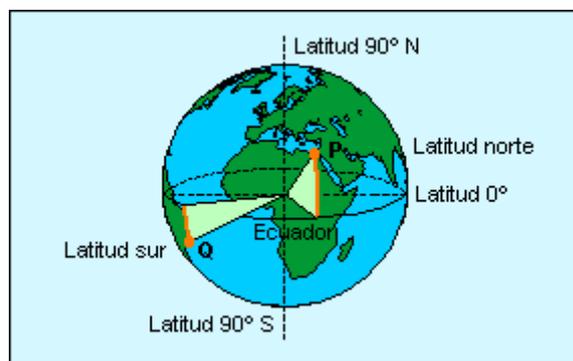
Las líneas de latitud se llaman paralelos y son círculos paralelos al ecuador en la superficie de la Tierra. Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos.



2. Paralelos y meridianos

La latitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto.

- Se expresa en grados sexagesimales.
- Todos los puntos ubicados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud.
- Aquellos que se encuentran al norte del Ecuador reciben la denominación Norte.
- Aquellos que se encuentran al sur del Ecuador reciben la denominación Sur.
- Se mide de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ .
- Al Ecuador le corresponde la latitud de  $0^\circ$ .
- Los polos Norte y Sur tienen latitud  $90^\circ$  N y  $90^\circ$  S respectivamente.



3. Latitud

La longitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto.

- Se expresa en grados sexagesimales.
- Todos los puntos ubicados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud.
- Aquellos que se encuentran al oriente del meridiano de Greenwich reciben la denominación Este (E).
- Aquellos que se encuentran al occidente del meridiano de Greenwich reciben la denominación Oeste (O).
- Se mide de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ .
- Al meridiano de Greenwich le corresponde la longitud de  $0^\circ$ .
- El antimeridiano correspondiente está ubicado a  $180^\circ$ .
- Los polos Norte y Sur no tienen longitud.

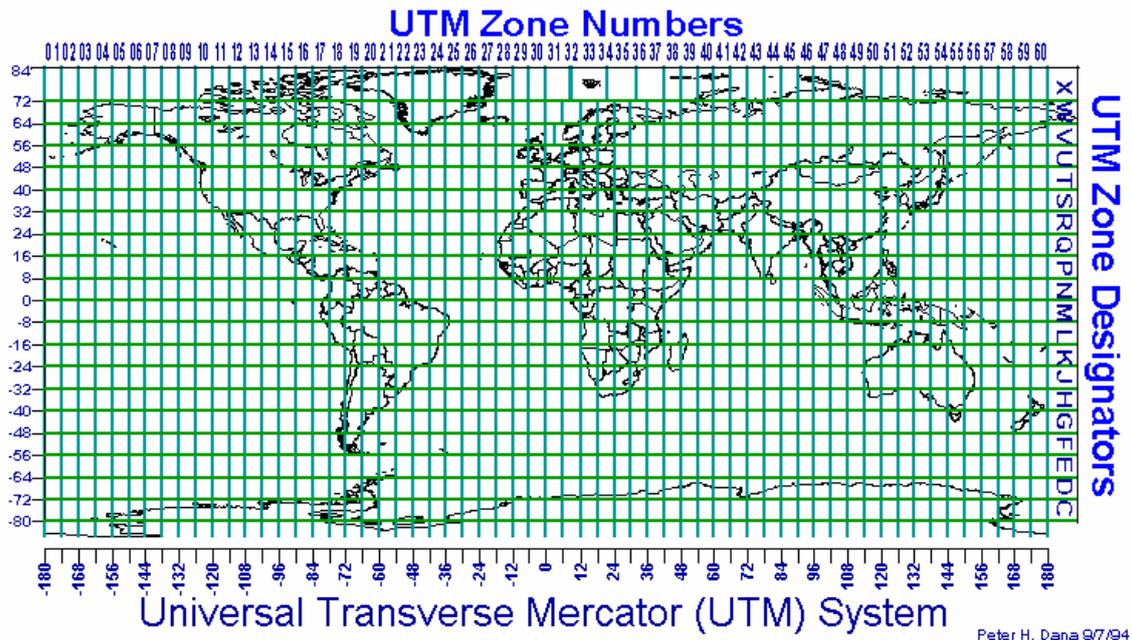


4. Longitud

Otro de los considerados sistemas de coordenadas geográficas, a tener en cuenta por su relación con los SIG, es el sistema de coordenadas UTM (acrónimo de la expresión inglesa, *Universal Transverse Mercator*). El UTM es un sistema basado en el elipsoide que, como se vio en el apartado 3.1. Definición de Cartografía y Geodesia, es el modelo que se obtenía en la reducción del geode. Las coordenadas UTM de un punto sobre el plano se definen, mediante relaciones matemáticas, a partir de las coordenadas geográficas determinadas sobre el elipsoide de referencia. Por tanto las coordenadas UTM son coordenadas cartesianas correspondientes al plano que resulta de hacer la transformación de los puntos del elipsoide sobre una superficie desarrollable elegida, que es el cilindro.

Puede establecerse así una relación biunívoca entre las coordenadas geográficas (longitud y latitud) referidas al elipsoide y las coordenadas UTM referidas al plano. Las coordenadas UTM son del tipo  $X=462.130$  m,  $Y=4634.140$  m. Si bien, únicamente con estos datos no queda definido el punto, no detallan el hemisferio en que se encuentran, a partir de estos datos no se puede localizar el Huso UTM y los datos no localizan el Datum (origen de coordenadas, 3.4. Datum). Para que el punto quede localizado perfectamente se deben detallar además, por ejemplo: Huso 30, Zona T y Datum European 50 (ED50). Se volverá de nuevo sobre este tema en el apartado 3.3. Proyecciones cartográficas en el que se introduce la proyección UTM.

El sistema de coordenadas UTM divide el globo terráqueo en un total de 60 Husos. Cada Huso está notado con un número y zona, identificada con una letra. La distribución de los Husos es la siguiente:



5. Distribución de los Husos

La designación de coordenadas UTM se puede hacer de distintas maneras:

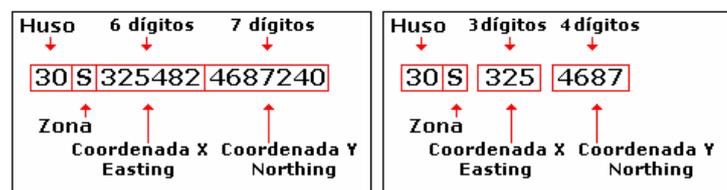
- Designación de coordenadas indicando ordenada y abcisa:

X = 386.143 m  
 Y = 4560.137 m  
 Huso 30 Zona T  
 Datum ED50

O bien:

Este (*easting*) = 386.143 m  
 Norte (*northing*) = 4560.137 m  
 Huso 30 Zona T  
 Datum ED50

- Designación de la cuadrícula: El formato de designación de la cuadrícula depende de la resolución con que se encuentran las coordenadas UTM:

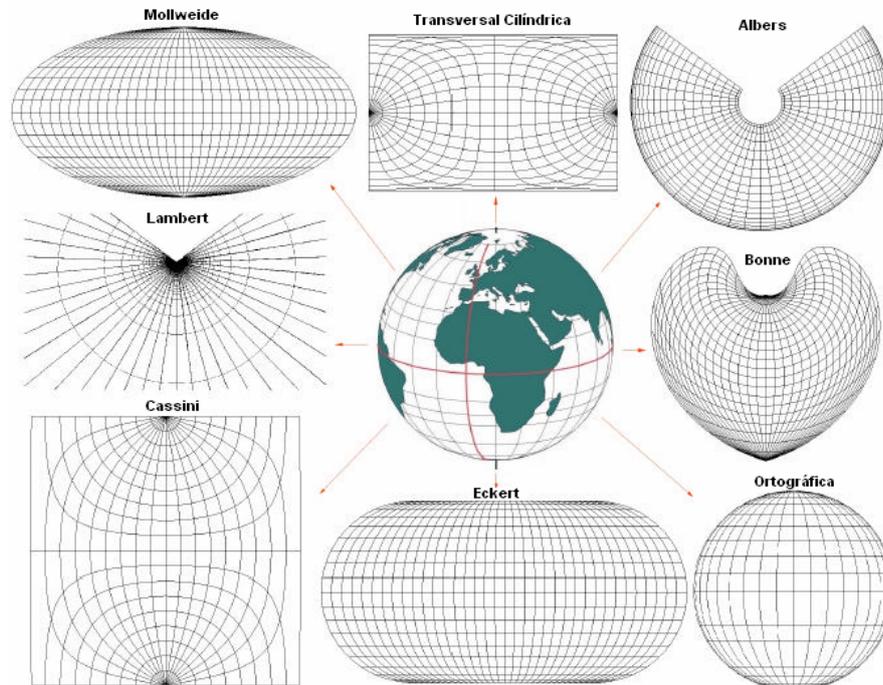


6. Designación UTM- Resolución 1m y Resolución kilométrica

### 3.3. Proyecciones cartográficas

En la definición de Cartografía (3.1. Definición de Cartografía y Geodesia) se introduce el concepto Proyección Cartográfica, una Proyección Cartográfica es una correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre y los puntos de un plano llamado Plano de proyección.

Puesto que cualquier punto de la Tierra está definido por sus coordenadas geográficas (longitud, latitud) y cualquier punto del plano lo está por sus coordenadas cartesianas (X, Y), existirá una serie infinita de relaciones que conviertan longitud, latitud en X, Y. Cada una de estas infinitas relaciones será un sistema de proyección Cartográfico.



7. Proyecciones Cartográficas

Por lo tanto, además del elipsoide de referencia (sobre el que, en el apartado 3.1. Definición de Cartografía y Geodesia, se proyectaban los puntos del terreno y se calculaban sus coordenadas), para poder representar esos puntos sobre el plano necesitamos otra superficie de referencia desarrollable sobre la que, a su vez, se proyectarán los puntos del elipsoide, siguiendo una determinada relación matemática, la cual vendrá definida por el sistema de proyección cartográfica elegido.

Para proporcionar una representación correcta de la forma y el tamaño de los objetos en la superficie de la Tierra, el mapa debe mostrar la distancia y la dirección correcta de los objetos sin distorsiones. Sin embargo hasta la fecha no es posible y las diferentes proyecciones solo conservan una de sus magnitudes físicas: distancias, ángulos, etc.

En la Bibliografía (10. Bibliografía) se encuentran algunos documentos sobre cartografía en los que se detalla una completa lista de las principales proyecciones cartográficas (destacar la de la página [www.pdana.com](http://www.pdana.com) del profesor *Peter H. Dana*, de la Universidad de Texas, en Austin). En este TFC se hará una introducción a las proyecciones geodésicas (basada en el documento del profesor Ignacio Alonso Fernández-Coppel del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universidad de Valladolid) centrada en la proyección UTM, de gran importancia dentro del campo de los SIG y del GPS.

### Proyecciones geodésicas. La proyección UTM

Las proyecciones geodésicas son proyecciones en las que la esfericidad terrestre tiene una repercusión importante sobre la representación de posiciones geográficas, sus superficies, sus ángulos y sus distancias.

El sistema de proyección UTM es un sistema en el cual se construye geoméricamente el mapa de manera que los meridianos y paralelos se transformen en una red regular, rectangular, de modo que se conserven los ángulos originales.

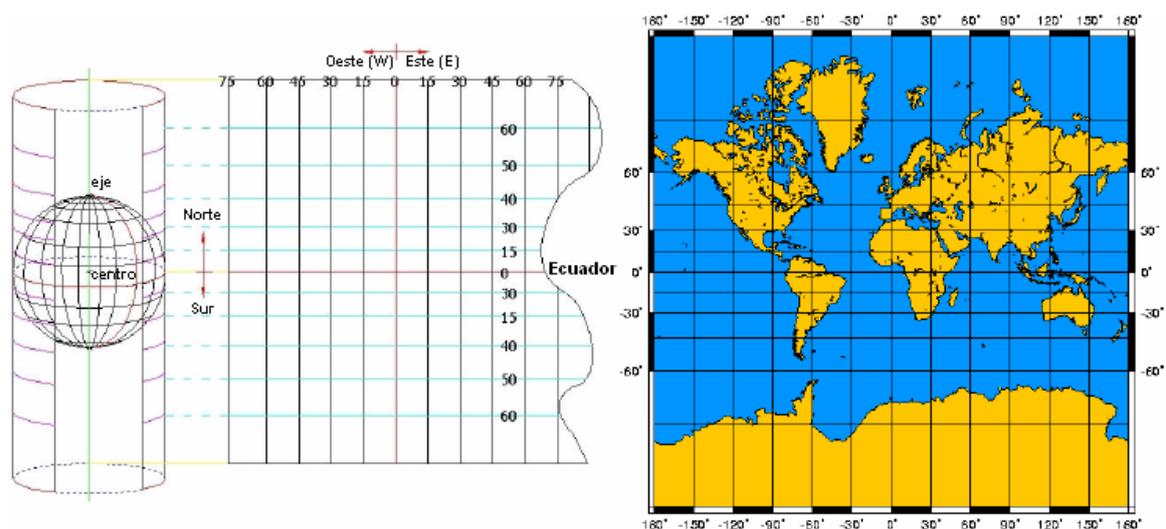
A este tipo de transformación se la denomina conforme. Dentro de las transformaciones posibles existen fundamentalmente tres tipos en función de la variable que conservan una vez realizada la proyección:

- **Proyecciones Conformes:** Son aquellas en las que, se puede considerar que los ángulos se conservan con una relación de semejanza de un valor de "1". En los límites del campo de proyección se sufren distorsiones subsanables. Otro ejemplo de proyección conforme es la proyección Lambert (ver figura *Proyecciones Cartográficas*).
- **Proyecciones Equivalentes:** Son aquellas en las que la superficie se conserva después de la proyección. Como ejemplo de las proyecciones equivalentes está la proyección Bonne (ver figura), Sinusoidal y la Goode.
- **Proyecciones Afilácticas:** Son aquellas en las que no se conservan ni los ángulos ni las distancias. Un ejemplo de este tipo de proyección es la UPS (acrónimo de la expresión inglesa, Universal Polar Stereographics, usada en latitudes polares).

La proyección UTM conserva, por lo tanto, los ángulos pero distorsiona todas las superficies sobre los objetos originales así como las distancias existentes.

Otra de las formas de clasificar las proyecciones es en función de la figura geométrica empleada al proyectar. La proyección UTM está dentro de las llamadas proyecciones cilíndricas, por emplear un cilindro situado en una determinada posición espacial para proyectar las situaciones geográficas.

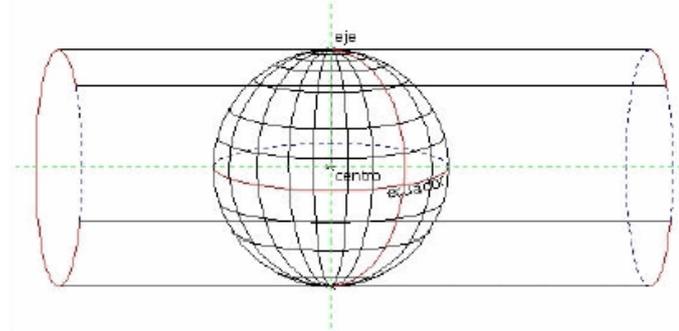
El sistema de proyección UTM toma como base la proyección Mercator, que emplea un cilindro situado de forma tangente al elipsoide en el ecuador:



8. Proyección Mercator

La red creada hace que tanto meridianos como paralelos formen una cuadrícula oblicua, *grid* o rejilla, de manera que una recta oblicua situada entre dos paralelos forma un ángulo constante con los meridianos.

En la proyección Transversal Mercator (UTM), sin embargo, la posición del cilindro de proyección es transversal respecto al eje de la Tierra.

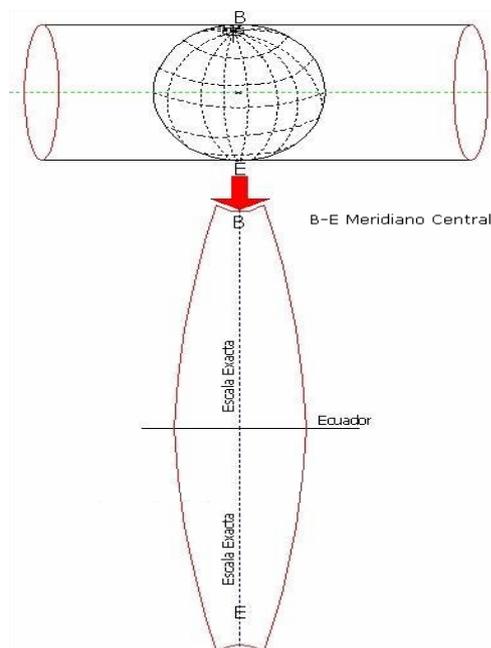


9. Proyección UTM

Se define un Huso como las posiciones geográficas que ocupan todos los puntos comprendidos entre dos meridianos. Cada Huso puede contener  $3^\circ$ ,  $6^\circ$ , u  $8^\circ$  de Longitud. El Sistema UTM emplea Husos de  $6^\circ$  de Longitud.

Así pues, la proyección UTM genera Husos comprendidos entre meridianos de  $6^\circ$  de Longitud, generándose en cada Huso un meridiano central equidistante  $3^\circ$  de Longitud de los extremos de cada Huso. Los Husos se generan a partir del meridiano de Greenwich: de  $0^\circ$  a  $6^\circ$  E (Este) y W (Oeste),  $6^\circ$  a  $12^\circ$  E y W,  $12^\circ$  a  $18^\circ$  E y W,...

Esta red creada (*grid*), se forma Huso a Huso, mediante el empleo de un cilindro distinto para generar cada uno de los Husos, siendo cada uno de los cilindros empleados tangente al meridiano central de cada Huso cuya Longitud es de  $3^\circ$ .



10. Representación de un Huso

La transformación geométrica creada con la proyección hace que únicamente dos líneas se consideren rectas (en la misma dirección de los meridianos y paralelos): el meridiano central del Huso (B-E, en la figura *Representación de un Huso*) y el paralelo  $0^\circ$  (Ecuador). El meridiano central, por lo tanto, se encuentra orientado en la dirección del Norte Geográfico, y el paralelo  $0^\circ$  se encuentra orientado en rumbo  $90^\circ$ - $180^\circ$ , dirección E y W.

El factor de escala aumenta en mayor magnitud conforme aumenta la distancia al meridiano central.

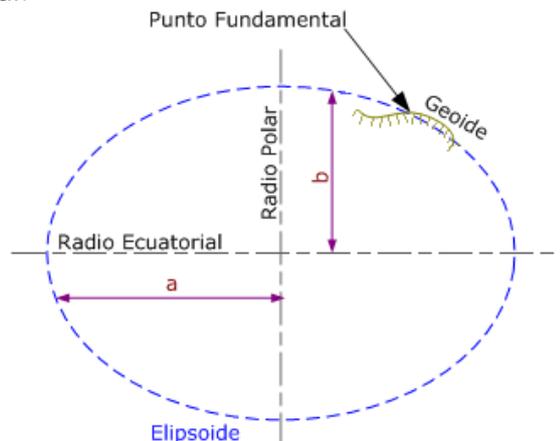
### 3.4. Datum

Como ya se ha visto, hay dos procesos fundamentales a la hora de representar un área del globo terráqueo en un plano: la definición del elipsoide de referencia y su proyección en el plano. La forma de la Tierra ha obligado a definir diferentes elipsoides de referencia para determinadas zonas de la Tierra.

En general, el Datum es la superficie de referencia para el cálculo y determinación de coordenadas, estableciéndose unos datos iniciales de los cuales se derivan el resto. Hay que destacar que un Datum tiene que estar necesariamente referido a un elipsoide en particular (el elipsoide de referencia). Luego, existen diferentes Datums si se usan diferentes elipsoides de referencia.

Cada Datum está compuesto por:

- Un elipsoide definido por su radio mayor (a) y menor (b) y el aplastamiento (f) que es la inversa de restarle a la unidad, el cociente entre el radio menor y el mayor  $\left(\frac{1}{f} = \left(1 - \frac{b}{a}\right)\right)$ .
- Un punto llamado Fundamental en el que el elipsoide y la tierra son tangentes. Este punto Fundamental se define por sus coordenadas geográficas Longitud y Latitud, y por el acimut de una dirección con origen en el punto Fundamental.



11. Elipsoide y Punto Fundamental

El punto Fundamental, se trata de un lugar o sitio preciso (una torre en la ciudad alemana de *Potsdam* para el caso del Datum European 50) que se usa como referencia u origen para definir el resto de los puntos del mapa. Cuando se definen el resto de los puntos, se pueden considerar además diferentes tipos de proyecciones de la superficie curva de la Tierra en un mapa plano.

Por tanto, un mapa podría decirse que se construye considerando el elipsoide, el tipo de proyección y el datum. Esto hace que un mismo mapa se pueda construir de muchas formas distintas, y todas ellas son válidas. Consecuentemente, un mismo lugar puede ser expresado por distintos valores de coordenadas si simplemente se consideran dos Datums distintos.

El Datum ED-50 (sirva como ejemplo de Datum usado en España) tiene como elipsoide el de *Hayford*, también llamado Internacional de 1924 y como punto Fundamental *Postdam* (Alemania).

## 4. Conceptos GPS

Un aspecto fundamental en la elaboración de este TFC es la captura de los datos necesarios para incorporar al SIG la ruta realizada por cada vehículo. Es aquí donde entra en juego el dispositivo GPS (acrónimo de la expresión inglesa, *Global Positioning System*). El GPS es un sistema que permite calcular las coordenadas de cualquier punto de la superficie terrestre a partir de la recepción de señales emitidas desde una constelación de satélites en órbita. Básicamente, su principal funcionalidad es que permite al usuario conocer, mediante un receptor, su posición en cualquier parte del planeta.

Los diferentes métodos e instrumentos existentes condicionan la precisión de las mediciones realizadas, existiendo un amplio abanico de posibilidades en cuanto a resolución. En este capítulo, con el fin de obtener información que permita seleccionar el GPS que mejor se adapte a las necesidades del proyecto, se explicará, a modo de introducción, el funcionamiento general del sistema, analizando también las características y prestaciones de los diferentes métodos y tipos de equipos actualmente en el mercado.

### 4.1. ¿Qué es un GPS?

El GPS fue desarrollado por el DoD (acrónimo de la expresión inglesa, *United States Department of Defense*) como un sistema de navegación de precisión, con fines militares.

El fundamento del sistema GPS consiste en la recepción de entre cuatro y ocho señales de radio de otros tantos satélites de los cuales se conoce de forma muy exacta su posición orbital con respecto a la tierra; a la vez, se conoce muy bien el tiempo que han tardado las señales en recorrer el camino entre el satélite y el receptor. Conociendo la posición de los satélites, la velocidad de propagación de sus señales y el tiempo empleado en recorrer el camino hasta el usuario, por trilateración se puede establecer la posición en términos absolutos del receptor.

Para entender el sistema GPS se hace necesario conocer los elementos que lo forman. Dentro del sistema GPS existen tres conjuntos de componentes denominados segmentos:

- Segmento espacial.
- Segmento de control.
- Segmento de usuario.

#### Segmento Espacial

El Segmento Espacial está constituido por los satélites que soportan el sistema y las señales de radio que emiten. Estos satélites conforman la llamada constelación NAVSTAR (acrónimo de la expresión inglesa, *NAVigation Satellite Timing and Ranging*), constituida por 24 satélites operativos más cuatro de reserva, mantenidos por la fuerza aérea estadounidense. No hay que olvidar, que el origen de este sistema es militar y su financiación corre íntegramente a cargo del gobierno de los Estados Unidos.

Los satélites de la constelación NAVSTAR, circundan la tierra en órbitas a una altura alrededor de los 20.200 Km. de la superficie (esta altura variará ligeramente dependiendo del satélite) y distribuidos de tal manera que en cada punto de la superficie terrestre es posible leer la señal de al menos cuatro satélites. La

constelación NAVSTAR, permite que sobre el horizonte de cualquier punto de la Tierra puedan leerse simultáneamente entre 6 y 11 satélites (normalmente denominados SVs, o Space Vehicles), lo cual posibilita la continuidad de las observaciones durante las 24 horas del día.



12. Constelación NAVSTAR

Los satélites envían una señal que se forma a partir de la frecuencia fundamental generada por su oscilador. De esta frecuencia se derivan el resto de frecuencias utilizadas, en concreto las dos frecuencias portadoras L1 y L2.

Estas dos frecuencias portadoras (L1 y L2) se denominan con la letra L porque pertenecen a dicha banda de radiofrecuencia, la cual está comprendida entre 1GHz y 2GHz. Sobre estas dos frecuencias portadoras se transmiten, a su vez, dos códigos:

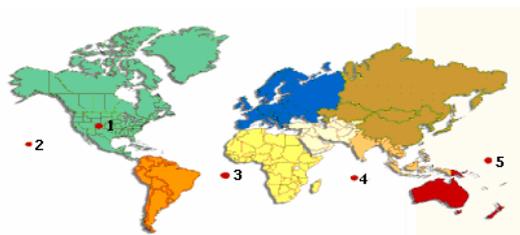
- El Código C/A (acrónimo de la expresión inglesa, *Course/Acquisition*) o también denominados S (Standard) es el de menor frecuencia. En principio es el que ofrece menores precisiones y se utiliza en el llamado SPS (acrónimo de la expresión inglesa *Standard Positioning Service*), para uso civil. Se transmite sobre la portadora L1.
- El código P (Precise) se transmite directamente a la frecuencia fundamental, ofrece mayor precisión y se utiliza en el denominado posicionamiento preciso (PPS, *Precise Positioning Service*). Se transmite sobre las portadoras L1 y L2.

Junto con estos códigos se envía un mensaje que es el que suministra toda la información que necesitan los usuarios del sistema GPS. Cada satélite emitirá un código diferente

### Segmento de Control

El segmento de control son todas las infraestructuras en tierra necesarias para el control de la constelación de satélites. La constelación NAVSTAR está controlada desde la Tierra a través de una serie de cinco estaciones (una central situada en *Colorado Springs*) oficiales de seguimiento repartidas por todo el planeta.

Las estaciones de seguimiento, tal y como se observa en el mapa de la siguiente figura, están espaciadas regularmente en longitud y sus coordenadas están determinadas con suma precisión. Su misión es la de estar en continua comunicación con los satélites, recibiendo las señales emitidas por estos, para así poder determinar sus órbitas con gran exactitud.



13. Estaciones de seguimiento

Los datos recogidos por las estaciones secundarias son enviados a la principal, donde son debidamente procesados, calculándose las efemérides (órbitas recalculadas con los datos de corrección suministrados por las estaciones de tierra y su información de tiempo), el estado de los tiempos, etc. Toda esta información se transmite a los satélites en los cuales se almacena.

### **Segmento de usuario**

El segmento del usuario está constituido por los instrumentos que, el usuario, necesita de cara a la utilización del sistema GPS para la navegación, posicionamiento, control de precisión de tiempos, etc.

Esencialmente, un equipo GPS está compuesto por un receptor o sensor con antena (que puede ser externa o integrada en el propio sensor) que se comunica con los satélites, y por una unidad de control con el software necesario para permitir la interoperatividad con el usuario. Adicionalmente, cada vez se incluyen mayor número de accesorios con diversas funcionalidades.

### **4.2. Tipos de GPS.**

Se introducen dos tipos de GPS que, actualmente, pueden adaptarse a las exigencias de los SIG: Los Navegadores Convencionales como ejemplo de GPS de bajo coste y los Receptores de C/A avanzados como ejemplo de GPS más sofisticado.

#### **Navegadores Convencionales**

Son los tipos de receptores GPS más extendidos, dados su bajo coste y multiplicidad de aplicaciones. Consisten en receptores capaces de leer el código C/A, que pueden tener incluso capacidad para leer señales diferenciales vía radio o conexión software y también capacidad para representar cartografía sencilla en una pantalla de cristal líquido.

Permiten conocer las coordenadas en varios formatos y conversión de baja precisión a datum locales desde WGS84 (el sistema geodésico de referencia en GPS). También permiten la navegación asistida con indicación de rumbos, direcciones y señales audibles de llegada en rutas definidas por el usuario a través de puntos de referencia (*waypoints*).

Los precios de este tipo de navegadores pueden ir de los 200 a los 600 Euros aproximadamente, y sus precisiones pueden ir de los 25 m a los 7 m en planimetría (sin Disposición Selectiva), y un error de al menos 16 m en altimetría, dependiendo de la visibilidad de satélites y de la geometría que presenten los mismos.

En aplicaciones GIS, pueden ser utilizados para referenciar puntos a representar sobre cartografías, pero generalmente no son muy aptos porque no permiten trabajar con bases de datos geográficas definidas por el usuario ni permiten un almacenamiento de datos alfanuméricos personalizado. A cambio, presentan la ventaja de que el usuario no tiene que tener ninguna formación específica para su manejo.

#### **Receptores de C/A Avanzados**

Son receptores que además de analizar el código C/A disponen de lectura (con ciertas limitaciones) de la fase portadora L1.

Estos receptores permiten el uso de metodologías diferenciales, en ocasiones bajo la forma de suscripciones a servicios vía satélite como OmniStar o LandStar, consiguiendo bajo esta metodología precisiones entorno a 1 m. en tiempo real. Ello es posible porque el DGPS vía satélite permite correcciones en tiempo real.

Son muy aptos para aplicaciones GIS porque aparte de permitir una precisión compatible con la mayoría de las escalas usadas en GIS (siempre que se usen técnicas diferenciales), permiten el manejo de bases de datos geográficas realizadas por el usuario.

Los dispositivos móviles que se conectan a este tipo de receptores suelen ser PDAs (Personal Digital Assistant), corriendo programas específicos para este tipo de tareas, como ArcPAD de ESRI o Pocket GIS de Pocket Systems Ltd.

En cuanto a la corrección diferencial, es muy frecuente que ésta sea proporcionada vía satélite mediante suscripción a un sistema de pago. Este tipo de servicio tiene la enorme ventaja de que se dispone de corrección instantánea sin necesidad de montar ninguna estación de referencia, y casi para cualquier parte del globo en tiempo real. Dicha suscripción suele tener un precio anual de alrededor de 1.400 € para precisión métrica y un solo país; también se puede contratar por períodos limitados de semanas, meses o incluso por días avisando por adelantado.

El precio aproximado de un equipo de estas características, está entorno a los 4.000 €.

Mencionar, por último, otros tipos de receptores que, si bien están en desuso por basarse en viejas tecnologías, como los Receptores Geodésicos con medición de fase sobre L1 o no son apropiados para aplicaciones SIG, como los Receptores Geodésicos de doble Frecuencia que pueden llegar a precisiones centimétricas en tiempo real y cuyo precio está en torno a los 30.000 €, hay que tener en consideración por ser de aplicación en geodesia.

#### **4.3. El Método Diferencial (DGPS).**

Consiste en la utilización de un receptor móvil y una estación (o estaciones) de referencia sobre coordenadas conocidas. La idea básica para comprender el fundamento del DGPS es la utilización de receptores sobre puntos de coordenadas muy bien conocidas; estos receptores (llamados estaciones de referencia), leen en todo momento las posiciones reportadas por sus observaciones GPS y las comparan con las posiciones teóricas de sus coordenadas conocidas.

En tiempo real, las estaciones de referencia transmiten las correcciones a realizar a los receptores del usuario, que también está leyendo directamente la señal GPS y que al vuelo coge dichas correcciones y las aplica a sus medidas, con lo cual se mejora notablemente la precisión del sistema. La manera de obtener las mediciones diferenciales depende del lugar del mundo donde se realice la medición. En los Estados Unidos, es fácil adquirir correcciones DGPS vía radio y con bastante calidad de forma gratuita. En algunos países de Europa también es aplicable esta metodología. En el caso concreto de Cataluña, el ICC gestiona por su parte el sistema RASANT (servicio de correcciones diferenciales GPS en tiempo real que usa la banda de datos RDS (acrónimo de la expresión inglesa, *Radio Data System*)), dando un servicio eficiente y de alta calidad. La cobertura (según el ICC; documento *El SISTEMA DGPS RASANT EN CATALUÑA*) útil es la misma con la que se recibe la señal estereofónica de Cataluña Música en condiciones normales y se extenderá, aproximadamente, a un 90% del territorio y abarcará un 95% de la población. Las precisiones utilizando DGPS vía radio pueden ir de los 5 m a 1 m.

Otra manera de conseguir correcciones diferenciales es, como se ha comentado, a través de la suscripción a un servicio de pago vía satélite. En este caso las correcciones vienen proporcionadas por satélites geoestacionarios cuya señal cubre casi todo el planeta (salvo zonas de latitudes muy altas). Servicios de este tipo son OmniStar o LandStar.

Las precisiones obtenidas vía satélite nos dan una resolución sobre el metro y tienen la enorme ventaja de que se pueden recibir en cualquier sitio, sin necesidad de estación de referencia.

En aplicaciones GIS, la solución DGPS junto con un servicio de pago por satélite es muy apropiada, pues permite cartografiar hasta escalas 1:5.000 y con servicio en tiempo real, con lo cual se puede interactuar con las bases de datos geográficas y capturar información de forma fácil y sencilla. La contratación de este servicio puede realizarse anualmente o por periodos limitados de meses, semanas o incluso días.

#### **4.4. Conclusiones**

Como se ha visto, existen diversos modelos de GPS que se pueden clasificar dependiendo de los parámetros del GPS que interesen. En su uso en aplicaciones uno de los parámetros de mayor interés es la precisión.

Para la aplicación SIG que se pretende desarrollar se podrían emplear diversos modelos de GPS. La mayor diferencia entre elegir un modelo u otro está relacionada con las prestaciones de estos equipos en cuanto a precisión, portabilidad y precio.

El método que más se adapta a las necesidades de este proyecto tanto por su precisión como por la portabilidad de los datos es el método diferencial (DGPS). Para implementar el DGPS será necesario disponer de correcciones diferenciales en tiempo real, con este fin se utilizará el sistema RASANT.

Será necesario adquirir un receptor FM/RASANT como el TGPS 2 que consiste en un sintonizador de FM de alta sensibilidad y gran capacidad de seguimiento, incluso en las condiciones mas adversas a la recepción de la señal FM. La banda de frecuencias va desde los 87.5 hasta los 108.0 MHz. Los datos de corrección diferencial se pueden aplicar a cualquier receptor GPS, que disponga de capacidad diferencial, vía puerto RS232 utilizando la entrada RTCM (acrónimo de la expresión inglesa, *Radio Technical Commission for Maritime Services*) del propio receptor. RTCM SC-104 (o simplemente RTCM) es el formato de datos para la transmisión de correcciones diferenciales GPS que se ha constituido como un estándar de facto en toda la comunidad de receptores GPS, de manera que la práctica totalidad de receptores GPS, que pueden trabajar en modo diferencial, aceptan correcciones diferenciales en formato RTCM.

## 5. Software

Un elemento fundamental en la composición de un SIG es el software (2.2. Composición de un SIG) utilizado para su desarrollo y explotación. Principalmente, el software SIG, que en este caso es GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0, un software para la implementación de funciones extra, como es Visual BASIC 2005 y Microsoft Access 2003, que será el empleado como gestor de bases de datos.

En este capítulo se introducirá el software mencionado, haciendo énfasis en las funciones y características más importantes de cara a su relación con el SIG.

### 5.1. GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0

GeoMedia es un SIG, creado por *Intergraph Corporation*, para los sistemas operativos Windows 2000, Windows XP y posteriores. Este software es una herramienta de examen, análisis, captura y mantenimiento de datos además de un entorno de desarrollo de software que se puede personalizar con herramientas habituales de desarrollo de Windows, como Visual Basic o Visual C++.

En este apartado se describirán los siguientes aspectos importantes para el trabajo con GeoMedia Professional 6.0:

- El GeoWorkspace: Se verá que es un GeoWorkspace y para que sirve.
- Los sistemas de coordenadas: Se verá aquí como se puede trabajar con diferentes sistemas de coordenadas.
- Los almacenes: Aquí se conocerá que es un almacén de datos y los formatos aceptados.
- Las imágenes: Se tratará aquí sobre la inserción y visualización imágenes.
- Ventanas de mapas: Se verá que es una ventana de mapas y sus principales funciones.
- Ventanas de datos: Se verá que es una ventana de datos y sus principales funcionalidades.
- Las entidades: Se conocerá que son las entidades, como se representan y como se definen.

#### El GeoWorkspace

Un GeoWorkspace define el contexto de GeoMedia (se utilizará para referirse a GeoMedia Professional 6.0) que el usuario quiere para aquella aplicación. Dentro de su ámbito se encuentran las conexiones de los almacenes con sus datos, las ventanas de mapa y de datos, las ventanas de composición, las barras de herramientas, la información del sistema de coordenadas y las consultas que se hayan creado.

Una vez dentro del GeoWorkspace, se puede modificar su sistema de coordenadas, establecer conexiones a almacenes, ejecutar consultas, ver los datos y realizar análisis espaciales.

#### Los sistemas de coordenadas

GeoMedia presenta todos los datos, incluso los procedentes de fuentes distintas, con el sistema de coordenadas definido en el GeoWorkspace. Cada clase de entidad en el almacén puede tener un sistema de coordenadas propio y único, y se puede transformar sobre la marcha (los datos deben estar en formato GeoMedia) en el sistema de coordenadas del GeoWorkspace al visualizarla en la ventana de mapa.

El software admite los siguientes tipos de sistemas de coordenadas:

- Un sistema de coordenadas geográfico (predeterminado) referido a un esferoide, que expresa las coordenadas en forma de longitud y latitud, siendo la longitud la distancia angular desde un meridiano de origen y la latitud la distancia angular desde el ecuador.
- Un sistema de coordenadas proyectado referido a un plano de proyección con una relación con el esferoide conocida, que expresa las coordenadas en forma de X e Y, donde generalmente X señala hacia el Este en el mapa e Y hacia el Norte en el punto elegido como el origen del mapa. La coordenada X se llama este y la coordenada Y se llama norte.
- Un sistema de coordenadas geocéntrico referido a un sistema cartesiano con centro en la tierra, que expresa las coordenadas como la posición de un punto específico con respecto al centro de la tierra. Estas coordenadas son cartesianas (X,Y,Z), en donde el eje X pasa por la intersección del meridiano principal con el ecuador, el eje Y pasa por la intersección del ecuador con el plano a 90 grados hacia el Este y el eje Z corresponde al eje polar de la tierra. Los ejes X e Y son positivos hacia afuera y el eje Z es positivo hacia el polo norte.

Los sistemas de coordenadas geográfico y proyectado hacen referencia a la posición horizontal usando la longitud o la latitud, o X,Y. Tal posición puede extenderse para referenciar una posición vertical en la forma de una tercera coordenada que indica elevación sobre una referencia conocida. Todos los sistemas de coordenadas de GeoMedia proporcionan información de referencia horizontal y vertical. Las coordenadas se pueden transformar entre estos espacios de referencia geográfico, proyectado y geométrico.

GeoMedia interpreta las coordenadas horizontales en relación al datum geodésico. A su vez, el datum geodésico horizontal define el elipsoide de referencia y las coordenadas verticales (elevaciones) son interpretadas con referencia al datum vertical.

Cuando se añade una clase de entidad (Las entidades) a un GeoWorkspace, el programa comprueba los datum del almacén y del GeoWorkspace para determinar si son compatibles. Si son distintos, GeoMedia construye automáticamente la transformación apropiada para ellos.

Se pueden cambiar los ajustes del sistema de coordenadas en un GeoWorkspace en cualquier momento. O bien, puede crear una nueva plantilla con valores distintos con el fin de que todos los GeoWorkspaces o almacenes que cree con ella tengan los valores modificados.

El sistema de coordenadas predeterminado del software contiene los siguientes valores:

- Tipo de almacenamiento base: geográfico
- Unidad de almacenamiento horizontal: 1 grado
- Unidad de almacenamiento horizontal: 1 metro
- Algoritmo de proyección: equirrectangular cilíndrico
- Parámetros de proyección: centrados en el ecuador y el meridiano de origen
- Datum geodésico horizontal y elipsoide: WGS84
- Datum vertical: definido por el usuario (sin normalizar)
- Escala nominal de mapa 1:50.000

Se pueden cambiar los ajustes del sistema de coordenadas en un GeoWorkspace en cualquier momento. O bien, se puede crear una nueva plantilla con valores distintos con el fin de que todos los GeoWorkspaces o almacenes que se creen con ella tengan los valores modificados.

Los parámetros del elipsoide se pueden recuperar, pero no modificar, salvo que se seleccionen tipos de datum y elipsoide definidos por el usuario (sin normalizar). A continuación se puede escribir un valor para el radio ecuatorial y cualquier otro parámetro y dejar que el GeoMedia calcule los valores restantes. Además de usar datums geodésicos horizontales predefinidos, GeoMedia incluye soporte para datum geodésicos personalizados.

### Los almacenes

La geometría de las entidades y los datos de atributos se visualizan en el GeoWorkspace por medio de conexiones con almacenes donde se guardan los datos. Cada conexión de almacén emplea un servidor de datos para convertir éstos a un formato que el GeoMedia permita visualizar. Las conexiones son vínculos que permiten transferir y convertir datos de entidades de un tipo de almacén a otro. Se pueden enviar datos de entidad en cualquier formato compatible con GeoMedia a un almacén, para lo cual es necesario tener al menos una conexión de lectura y escritura abierta. Microsoft Access es el único tipo de almacén que es posible crear mediante GeoMedia.

GEIMEDIA PROFESSIONAL 6.0 permite conectar con datos creados en los formatos siguientes:

- Access
- ARC/INFO
- Shapefile de ArcView
- CAD: AutoCAD, MicroStation/IGDS
- FRAMME
- MapInfo
- Entorno Modular GIS (MGE)
- MGE Segment Manager (MGSM)
- ODBC Tabular
- Modelo de objetos de Oracle
- Servidor SQL
- Servidor SmartStore
- Servidor de archivos de texto
- MGE Data Manager (MGDM)

### Las imágenes

En GeoMedia Professional, las imágenes ráster se guardan en clases de entidad de imagen. Las clases de entidad de imagen se distinguen entre ellas según el sistema de coordenadas de las mismas. Sólo se pueden insertar imágenes en clases de entidad existentes cuando el sistema de coordenadas de la imagen y el de la clase de entidad coinciden. Todas las imágenes en una clase de entidad de imágenes se pueden representar por una entrada de leyenda única o por varias entradas de leyenda.

Se puede insertar una imagen ráster en un almacén de lectura y escritura y emplearla como fondo en el GeoWorkspace. El archivo de la imagen no se mueve de su ubicación en el disco duro, pero la vía de acceso al mismo y a la geometría se guarda en el almacén. Para editar o cambiar el contenido real de la imagen (los píxeles de la imagen), se debe editar el archivo mismo. Los vínculos y geometrías se almacenan en las tablas de la base de datos (clases de entidad en el almacén), y se administran de la misma manera que cualquier otra entidad. Aunque varias imágenes se pueden representar con una sola entrada de leyenda, las imágenes deben ser de la misma clase de entidad.

El tipo de archivo, los metadatos relacionados y la información auxiliar contenidas en el archivo determinan si el archivo se debe insertar con colocación interactiva u, opcionalmente, con colocación georreferenciada.

Antes de insertar imágenes, se debe determinar el almacén correcto, la clase de entidad y el método de colocación. Se debe definir el nombre de la clase de entidad de la imagen para la imagen en cuestión. Este nombre de la clase de entidad es en realidad el nombre de la tabla en el almacén en el cual se colocará la información de las imágenes especificadas.

### **Ventanas de mapas**

El GeoWorkspace de GeoMedia puede contener varias ventanas, como ventanas de mapas, ventanas de datos y una ventana Composición. Estas ventanas proporcionan diferentes formas de visualizar los datos.

La ventana de mapa muestra una visualización gráfica de los datos geográficos (entidades, imágenes, etc.) y contiene las notas marginales siguientes: una leyenda, una Flecha Norte y una barra de escala. La ventana de datos muestra las mismas entidades en formato tabular, mostrando los atributos asociados con los datos geográficos. De esta manera, si una entidad se visualiza en varias ventanas de mapas y de datos, se resaltará en todas al seleccionarla.

La ventana de composición permite diseñar y trazar una composición de mapa. Los gráficos de mapa en la ventana de composición se vinculan a la ventana de mapa de origen para reflejar cualquier cambio realizado en los datos, o pueden colocarse opcionalmente como una instantánea estática que refleje las características de la ventana de mapa en el momento de la colocación

### **Ventanas de datos**

Una ventana de datos contiene los atributos no gráficos de una clase de entidad o consulta. Esto equivale a una tabla de entidades, donde cada columna representa un atributo y cada fila una ocurrencia (una entidad) de la clase de entidad. Los datos de cada celda se denominan valor o valor de atributo. Las ventanas de datos visualizan clases de entidad de área, lineal, de punto, de imagen, compuestas, de texto gráfico y no gráficas.

En un almacén de lectura y escritura, se pueden editar y revisar las entidades y valores en una ventana de datos. Todos los cambios que se realicen se reflejan en la ventana de mapa. Así pues, si elimina una fila de una ventana de datos, la entidad correspondiente también se elimina del mapa.

Para abrir una nueva ventana de datos, debe haber una conexión abierta a un almacén. Una vez abierta la conexión al almacén, se puede seleccionar una clase de entidad o un resultado de consulta para mostrar su contenido en una ventana de datos. La clase de entidad o consulta puede provenir de una categoría, de entidades de referencia, de conexiones o de consultas.

### **Las entidades**

Una entidad se representa en una ventana de mapa mediante una geometría y también se define en la base de datos mediante atributos no gráficos. Los valores de estos atributos no gráficos pueden interpretarse como celdas en la vista de la ventana de datos en los datos no espaciales de la entidad.

En un almacén de lectura y escritura es posible crear una clase de entidad, suprimirla y editar su definición. Una clase de entidad se puede editar de las formas siguientes:

- Añadiendo atributos (columnas).
- Eliminando atributos.
- Cambiando atributos.

En un almacén de lectura y escritura también es posible administrar los datos de entidades cambiando los valores de los atributos (celdas), añadiendo entidades (filas) o eliminando entidades (filas).

## 5.2. Visual Basic 2005

El lenguaje de programación de alto nivel Visual BASIC es una evolución del lenguaje BASIC (*Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code*) cuya única coincidencia es la segunda parte del nombre, BASIC. Las características de las últimas versiones de Visual BASIC (se empleará VB para referirse a Visual BASIC) acercan a este lenguaje de programación al paradigma de programación orientada a objeto (POO). De hecho, la última versión VB 2005, dispone de las nuevas características que aporta la novedosa versión 2.0 de *.NET Framework*, confiriéndole una potencia sorprendente.

A la hora de desarrollar aplicaciones con VB 2005 se tendrán que tener en cuenta las siguientes características del lenguaje:

- El sistema de tipos de datos que *.NET Framework* y por lo tanto VB 2005 pone a la disposición del desarrollador.
- Las clases y estructuras que son el corazón de *.NET Framework*.
- Manejo de excepciones, que VB ofrece al desarrollador para aquellos errores que se puedan producir en tiempo de ejecución.
- Eventos y delegados, para la comunicación entre clases.
- Atributos, que son información adicional sobre elementos de programación.

### El sistema de tipos

Los tipos de datos que se pueden usar en Visual Basic 2005 son los mismos tipos de datos definidos en *.NET Framework* y por tanto están soportados por todos los lenguajes que usan esta tecnología. Estos tipos comunes se conocen como el *Common Type System*, (CTS), que traducido viene a significar el sistema de tipos comunes de *.NET*.

#### Tipos primitivos

<b>.NET Framework</b>	<b>VB 2005</b>	<b>VB6</b>
System.Boolean	Boolean	Boolean *
System.Byte	Byte	Byte
System.Int16	Short	Integer
System.Int32	Integer	Long
System.Int64	Long	N.A.
System.Single	Single	Single
System.Double	Double	Double
System.Decimal	Decimal	Currency *
System.Char	Char	N.A. (ChrW)
System.String	String	String *
System.Object	Object	Variant / Object *

.NET Framework	VB 2005	VB6
System.DateTime	Date	Date *
System.SByte	SByte	N.A.
System.UInt16	UShort	N.A.
System.UInt32	UInteger	N.A.
System.UInt64	ULong	N.A.

Otra característica de VB 2005 es que permite la definición de tipos por valor o por referencia.

#### Variables y constantes

Disponer de todos estos tipos de datos no tendría ningún sentido si no fuese posible usarlos de forma no literal, es aquí es donde entran en juego las variables y constantes.

#### Enumeraciones: Constantes agrupadas

Una enumeración es una serie de constantes que están relacionadas entre sí.

#### Arrays (matrices)

En Visual Basic 2005 los arrays son tipos por referencia, realmente lo que contienen son una referencia a los datos reales y no los datos propiamente dichos.

#### Las clases y estructuras

Como se ha visto ya, los tipos de datos se dividen en dos grupos: tipos por valor y tipos por referencia. Los tipos por referencia realmente son **clases**, de la cuales se debe crear una instancia para poder usarlas, esa instancia o copia, se crea siempre en la memoria lejana (*heap*) y las variables lo único que contienen es una referencia a la dirección de memoria en la que el CLR (*Common Language Runtime*, motor en tiempo de ejecución de .NET), ha almacenado el objeto recién creado.

Prácticamente todo lo que se puede hacer en .NET Framework se hace mediante clases. La librería de clases de .NET Framework es precisamente el corazón del propio .NET, en esa librería de clases está todo lo que se puede hacer dentro de este marco de programación; para prácticamente cualquier tarea que se pretende realizar existen clases, y si no existen, las puede definir el usuario, bien ampliando la funcionalidad de alguna clase existente mediante la herencia, bien implementando algún tipo de funcionalidad previamente definida o simplemente creándolas desde cero.

El tipo de herencia que .NET Framework soporta es la herencia simple, es decir, solo se podrá usar una clase como base de la nueva, si bien, por medio de las Interfaces se podrá simular "herencia múltiple".

Las **estructuras** son tipos por valor creados por el usuario y pueden contener los mismos miembros (Enumeraciones, Campos, Métodos (funciones o procedimientos), Propiedades y Eventos) que las clases, aunque algunos de ellos se comporten de forma diferente o al menos tengan algunas restricciones, como que los campos definidos en las estructuras no se pueden inicializar al mismo tiempo que se declaran o no pueden contener constructores "simples", ya que el propio compilador siempre se encarga de crearlos, para así poder inicializar todos los campos definidos.

Otra de las características de las estructuras es que no es necesario crear una instancia para poder usarlas, ya que es un tipo por valor y los tipos por valor no necesitan ser instanciados para que existan.

## Manejo de excepciones

En VB 2005, para el tratamiento de errores en tiempo de ejecución, se puede usar un tratamiento de excepciones estructurado, de esta forma se pueden detectar los errores que se produzcan en las aplicaciones de una forma más "ordenada". Si bien VB 2005 también permite el uso del tratamiento de errores no estructurado, más característico de las anteriores versiones de VB y menos relacionado con el modelo de POO.

## Eventos y delegados

Los eventos son acciones que una clase puede producir cuando ocurre algo. De esta forma es posible notificar a las aplicaciones que hayan decidido interceptar estos mensajes para que tomen las acciones que crean conveniente.

Los delegados son la definición de un evento. Un delegado es una clase que puede contener una referencia a un método. La particularidad de estas clases es que tienen un prototipo o firma y pueden guardar referencias únicamente a los métodos que coinciden con su prototipo. Es decir, los delegados definen la forma en que se deben declarar los métodos que se quieran usar para interceptar un evento.

## Atributos

Los atributos son etiquetas que se pueden aplicar al código para que el compilador y, por extensión, el propio *.NET Framework* los pueda usar para realizar ciertas tareas o para obtener información extra sobre dicho código. De hecho en cualquier aplicación creada con VB 2005 se tratará con atributos, ya que el propio compilador los utiliza para generar la información sobre todo lo que contiene el ejecutable o librería que se ha creado con Visual Basic 2005. Además, el uso de los atributos sirve para ofrecer cierta funcionalidad extra al código, por ejemplo, en la creación de controles, mediante atributos se le puede indicar al diseñador de formularios si debe mostrar ciertos miembros del control en la ventana de propiedades, etc.

### 5.1. Access

Microsoft Access es un sistema de gestión de bases de datos para uso personal o de pequeñas comunidades y empresas en las que el número de usuarios, que acceda simultáneamente a la base de datos, no debería superar la decena aproximadamente. Es, además, el único tipo de almacén (Los almacenes) que es posible crear y en el que se puede escribir mediante GeoMedia. No obstante, GeoMedia también puede escribir en almacenes Oracle y SQL Server, pero estos almacenes deben haberse creado fuera del entorno de GeoMedia.

Microsoft Access basa su funcionamiento en un motor de base de datos llamado Microsoft Jet y permite el desarrollo de pequeñas aplicaciones autónomas formadas por formularios Windows y código VBA (Visual Basic para Aplicaciones). Como se ha visto, GeoMedia puede crear y escribir en almacenes Access, esto es debido a que otra posibilidad de Microsoft Access es la de crear ficheros con bases de datos que pueden ser consultados por otras aplicaciones. Entre las principales funcionalidades que hacen de Microsoft Access el gestor de bases de datos elegido para este TFC se encuentran:

- Crear tablas de datos indexadas.
- Modificar tablas de datos.
- Crear bases de datos relacionales.
- Creación de consultas.
- Consultas de acción (INSERT, DELETE, UPDATE).
- Interacción con otras aplicaciones que usen VBA.

## 6. Construcción del SIG

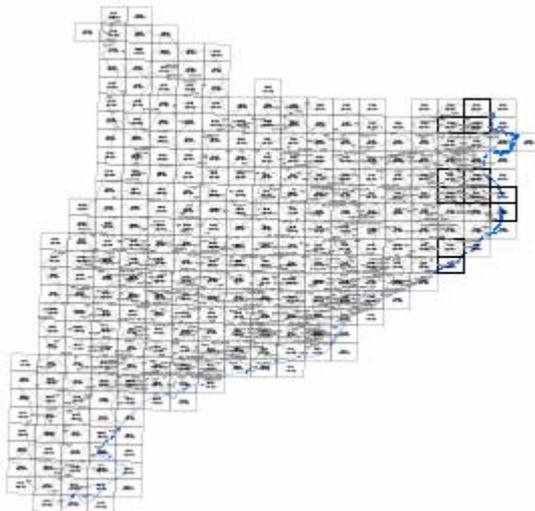
La construcción de este SIG contempla varias fases. En primer lugar se diseña el modelo de datos del SIG, de este modo se concretan los datos necesarios para su construcción. Realizado el diseño se inicia la búsqueda de los datos estimados, ésta fase es sumamente compleja y puede influir en el rediseño del SIG, ya que no siempre se obtiene la información necesaria en el plazo y con el presupuesto estipulado. Una vez que se tienen los datos seleccionados en el formato adecuado serán importados desde GeoMedia a la base de datos Access que se utilizará como almacén de datos del SIG.

Si bien las fases de construcción de este SIG podrían ser una buena subdivisión para definir los apartados de este punto (6.Construcción del SIG), en este TFC se ha utilizado otro criterio. Dado que el criterio de subdivisiones basado en las fases de construcción es recursivo y existe la posibilidad de tener que volver a la fase de diseño desde la fase de obtención de datos, se ha optado por realizar la siguiente subdivisión:

- Modelo de Datos Cartográficos Base: Aquí se analizan las fases de construcción del SIG centrándose en los datos topográficos y los que sitúen los principales ítems políticos.
- Modelo de Datos Cartográficos de Carreteras y Rutas. Estos datos serán parte de la información necesaria para el desarrollo de este SIG ya que permitirán, situar las rutas realizadas en la red de carreteras de Cataluña, cartografiar caminos no cartografiados, encontrar nodos entre rutas, situar en el SIG los domicilios de los clientes, etc.
- Construcción de la Base de Datos. Se describe la base de datos del SIG.

La búsqueda de datos se ha realizado íntegramente en Internet, los portales visitados durante esta fase han sido muchos (10. Bibliografía) si bien los datos se han obtenido de dos de ellos:

- ICC: Instituto Catalán de Cartografía (10. Bibliografía). En este portal se puede encontrar cartografía de la base topográfica de Cataluña organizada en hojas según una rejilla que cubre todo el territorio a escala 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, ortofotos de Cataluña en hojas a escala 1:5.000 y 1:25.000, la base municipal de Cataluña a escala 1:1.000.000, etc. La base topográfica y las ortofotos se pueden encontrar en formato raster MrSid y en varios formatos vectoriales (shp, dxf, dgn), la base municipal de Cataluña, tan solo se encuentra en formato vectorial.



14. Tall de series, full a escala 1:25.000

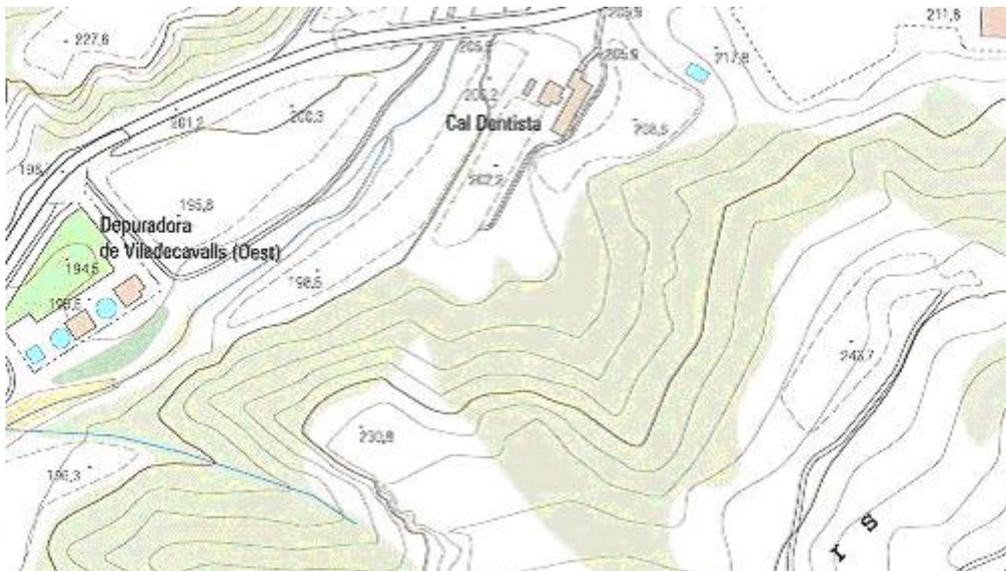
- *Web del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat.* (7.Bibliografía) Dispone de multitud de información vectorial y algo de información raster, comprimidos en formato MiraMon (.mmz). Algunos de estos datos se obtienen del geoservidor del ICC (<http://galileo.icc.es>).

### 6.1. Modelo de Datos Cartográficos Base

En este SIG los datos cartográficos Base, son los utilizados para delimitar el ámbito del SIG y dotarlo de topografía y toponimia. La idea inicial, en la fase de diseño, era utilizar la Base topográfica de Cataluña en formato Geotiff o Mersid a una escala que garantizase un buen compromiso entre las características gráficas de los datos y el espacio de almacenamiento ocupado en disco.



15. Detalle de ortofoto de Cataluña (1:5000)



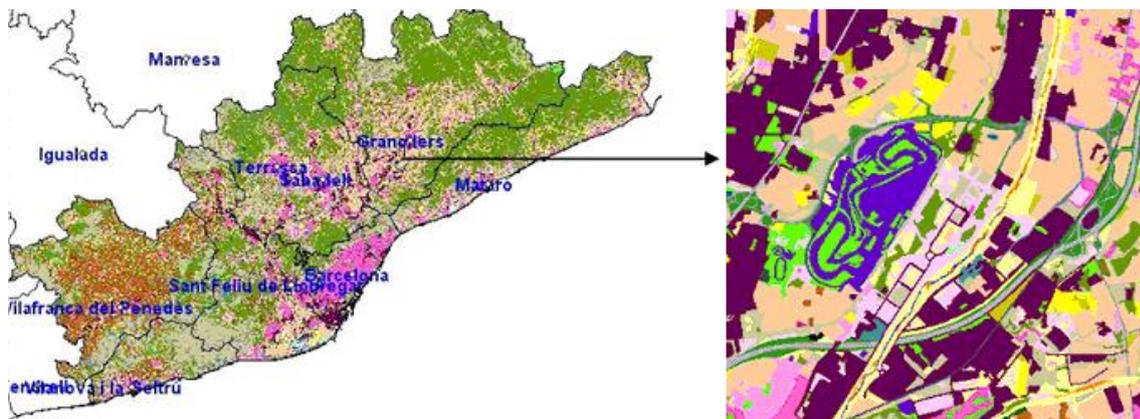
16. Base Topográfica (1:5000) de la zona que vemos en la ortofoto

Estas imágenes no fueron encontradas, en un formato que permitiese cumplir con el compromiso mencionado, en ninguno de los portales visitados durante la fase de búsqueda. Las imágenes rasterizadas del ICC (base topográfica o ortofotos) se consiguen dándose de alta en un servicio que, una vez seleccionada la hoja (*Tall de series, full a escala 1:25.000*) en un mapa de referencia, envía por correo electrónico un link a los datos solicitados disponiéndose de una hora para bajarlos.



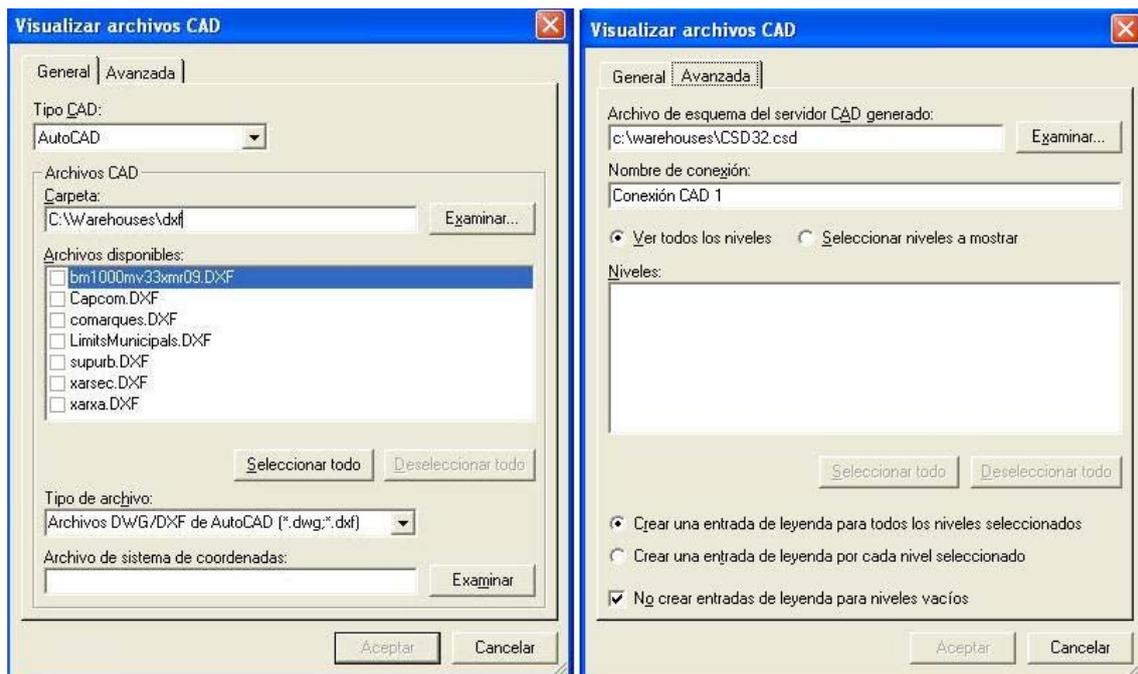
formato vectorial y si posteriormente se consiguieran imágenes raster que se ajusten a las necesidades se incorporarían al SIG.

Dado que los datos en formato vectorial del ICC, no se ajustaban a las necesidades de este SIG, se decidió utilizar los que facilita el *Departament de Medi Ambient i Habitatge* de la *Generalitat*. Para poder descomprimir los datos de que dispone este portal es necesario el software MiraMon, gratuito para estudiantes, personal docente y personal de la administración que realicen su actividad en Cataluña. Este software también permite conectarse a geoservidores (servidores WMS y WFS) como el del *Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat* ([www.creaf.uab.es](http://www.creaf.uab.es)). En este servidor se encontró una imagen raster que podría haber sido usada en este SIG pero se desechó porque al ser descomprimida para visualizarla en GeoMedia paso de pesar 21 MB a pesar 1.8 GB.



18. Imagen raster .mmz y detalle del circuito de velocidad de Catalunya

Una vez descomprimidos los datos vectoriales en formato MiraMon (.mmz) pueden ser convertidos al formato AutoCAD (.dxf, .dwg) y visualizados desde GeoMedia. Para visualizar los datos, se efectúa una conexión con el fichero AutoCAD desde el menú "Herramientas/Visualizar archivos CAD...". Esta herramienta permite seleccionar el tipo de fichero CAD (AutoCAD, MicroStation 7, MicroStation 8), los archivos a visualizar, el archivo de sistema de coordenadas, etc.



19. Herramienta Visualizar archivos CAD

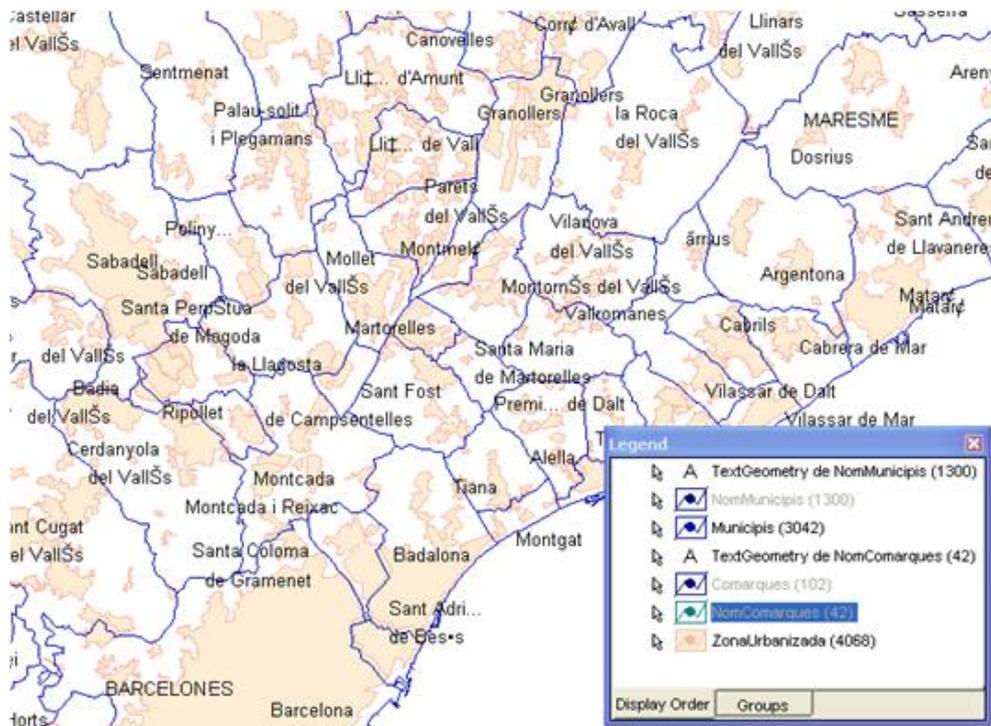
Finalmente, los datos vectoriales utilizados como base del SIG han sido:

- División administrativa comarcal a escala 1:50.000
- Capitales de Comarca. Procede de la base administrativa comarcal.
- División administrativa municipal a escala 1:250.000.
- Municipios y sus capitales.
- Superficie urbanizada a escala 1:250.000

Todos estos datos están en coordenadas UTM huso 31, sistema de referencia European Datum 1950 (ED50).



20. SIG con todas las capas topográficas



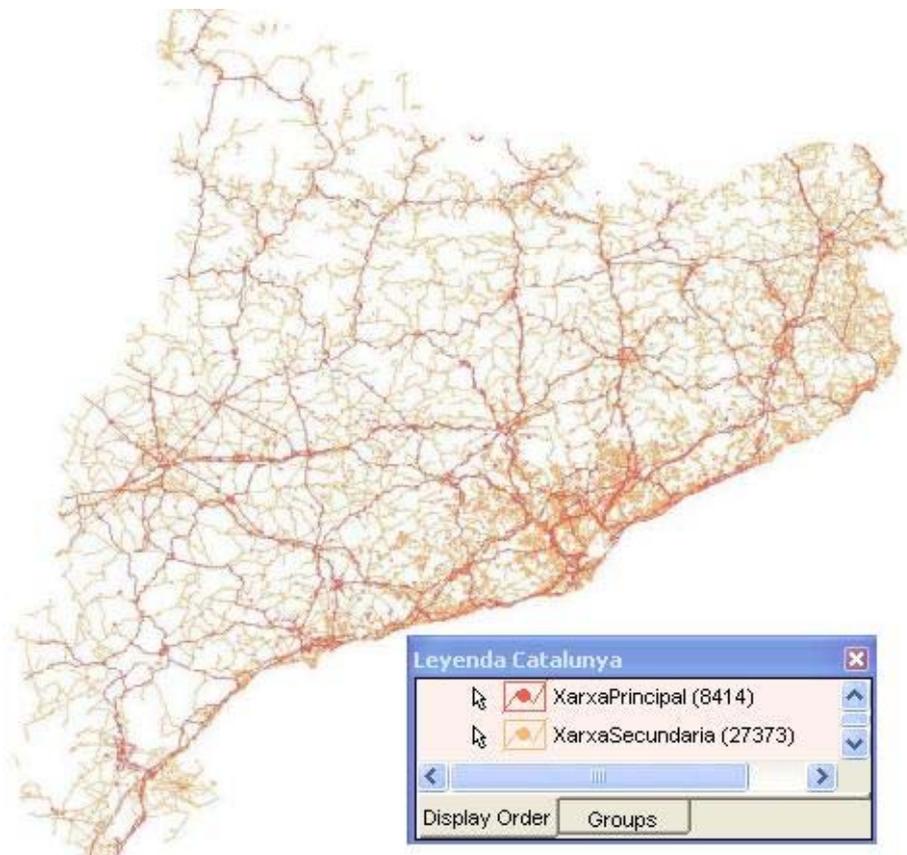
21. Ampliación de la zona del BARCELONES y el MARESME con toponimia

Como vemos en esta imagen, la capa Zona Urbanizada le da al SIG un aspecto más amigable que si solo se hubieran introducido las capas que forman parte de la cartografía topográfica y toponimia. Por otro lado también ayudará, en un futuro, a situar, visualmente, las rutas que formarán parte de este SIG y que se incorporarán en la siguiente fase.

## 6.2. Modelo de Datos Cartográficos de Carreteras y Rutas

En la fase de diseño de este SIG se definieron los datos necesarios para su construcción y el papel que iban a tener dentro del SIG. Inicialmente los datos cartográficos de carreteras pretendían aportar robustez y exactitud a este SIG, pero debido a que no se dispone de una cartografía de Base en formato raster (6.1. Modelo de datos cartográfico Base) de toda Cataluña, estos datos han pasado a tener mayor importancia aún. Los datos cartográficos de carreteras y de rutas permitirán identificar el recorrido realizado por una ruta determinada y valorar visualmente si se realiza por una carretera cartografiada o por un camino no cartografiado.

En este caso los datos también se han obtenido del *Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat*. Los datos obtenidos en formato *mmz* han sido descomprimidos y exportados a formato *dxf* con el programa MiraMon para, así, poderlos visualizar desde GeoMedia, en su ventana de mapas. El proceso aquí seguido es exactamente el mismo que se ha explicado en el apartado anterior (6.1. Modelo de Datos Cartográficos Base) y el resultado obtenido se puede apreciar en la siguiente figura.



22. Datos Cartográficos de Carreteras

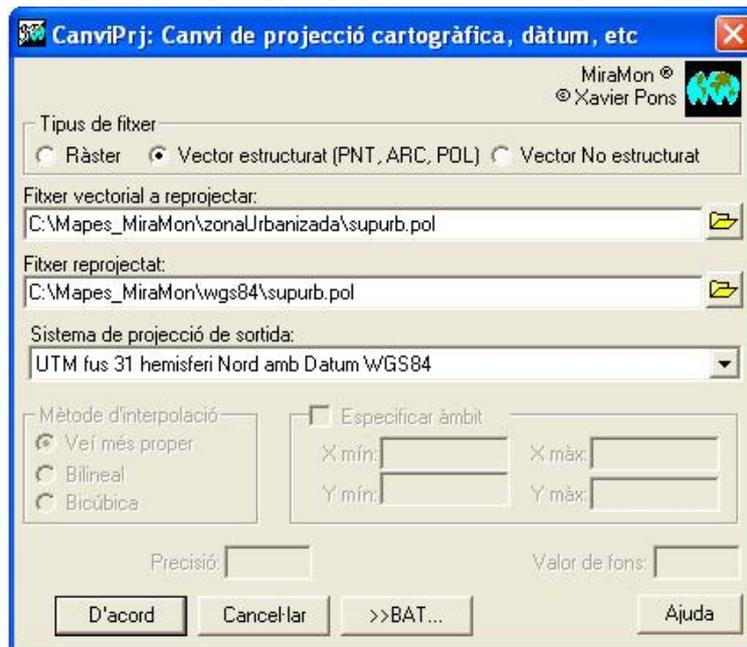
Los datos que forman parte de este modelo son:

- Red Principal de carreteras: Procede de la Base cartográfica 1:250.000.
- Red Secundaria de carreteras: Procede de la Base cartográfica 1:250.000

Todos estos datos están en coordenadas UTM huso 31, sistema de referencia European Datum 1950 (ED50).

Los datos de las rutas se obtienen con los DGPS instalados en los vehículos de la empresa. Una vez obtenidos los datos se tienen que transformar sus coordenadas del datum WGS84 (datum con el que trabajan los GPS) al ED50 que es el datum seleccionado en el fichero de configuración del sistema de coordenadas.

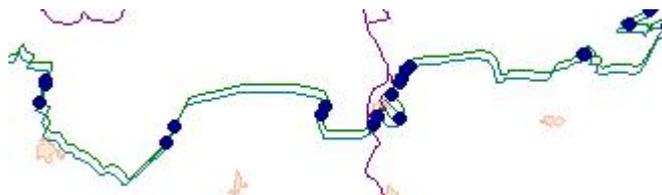
Dada la problemática surgida con el software de desarrollo (7. Construcción de las Aplicaciones) y al no tener disponibles las librerías necesarias para realizar las transformaciones entre datums, se tomó la decisión de transformar todos los modelos de datos cartográficos que iban a formar parte del SIG, del datum ED50 al datum WGS84 para de este modo continuar con el desarrollo del SIG (duplicando toda la cartografía y trabajando con dos GeoWorkspaces) y poder importar rutas desde ficheros de texto si necesidad de realizar un cambio de datum. Para realizar esta tarea se ha utilizado el programa MiraMon. Desde el menú de MiraMon "Eines/Geometria/Canvi de projecció Cartogràfica" se puede realizar la conversión entre datums de un fichero en formato MiraMon descomprimido.



23. Ventana Canvi de projecció Cartogràfica del programa MiraMon

Una vez transformados los datos al datum WGS84 y exportados a un fichero dxf, ya pueden ser visualizados desde GeoMedia según el procedimiento explicado en el apartado anterior (6.1. Modelo de Datos Cartográficos Base). Las conversiones entre datums siempre introducen algún error que se detecta principalmente en las capas superpuestas con trazos coincidentes. En la construcción de este SIG, si bien el error introducido es considerable no tiene mayor importancia ya que GeoMedia dispone de herramientas que permiten corregir este error.

La corrección del error introducido implica el uso de dos herramientas de GeoMedia ya que en primer lugar hay que detectar los errores mediante una validación de la geometría (menú "Herramientas/Validar geometría") este proceso genera una consulta con los puntos a corregir. Ahora desde el menú Herramientas/Arreglar geometría, se finalizará el proceso de corrección del error introducido. Cabe destacar el consumo extremadamente alto, de recursos máquina, durante la ejecución de este proceso.



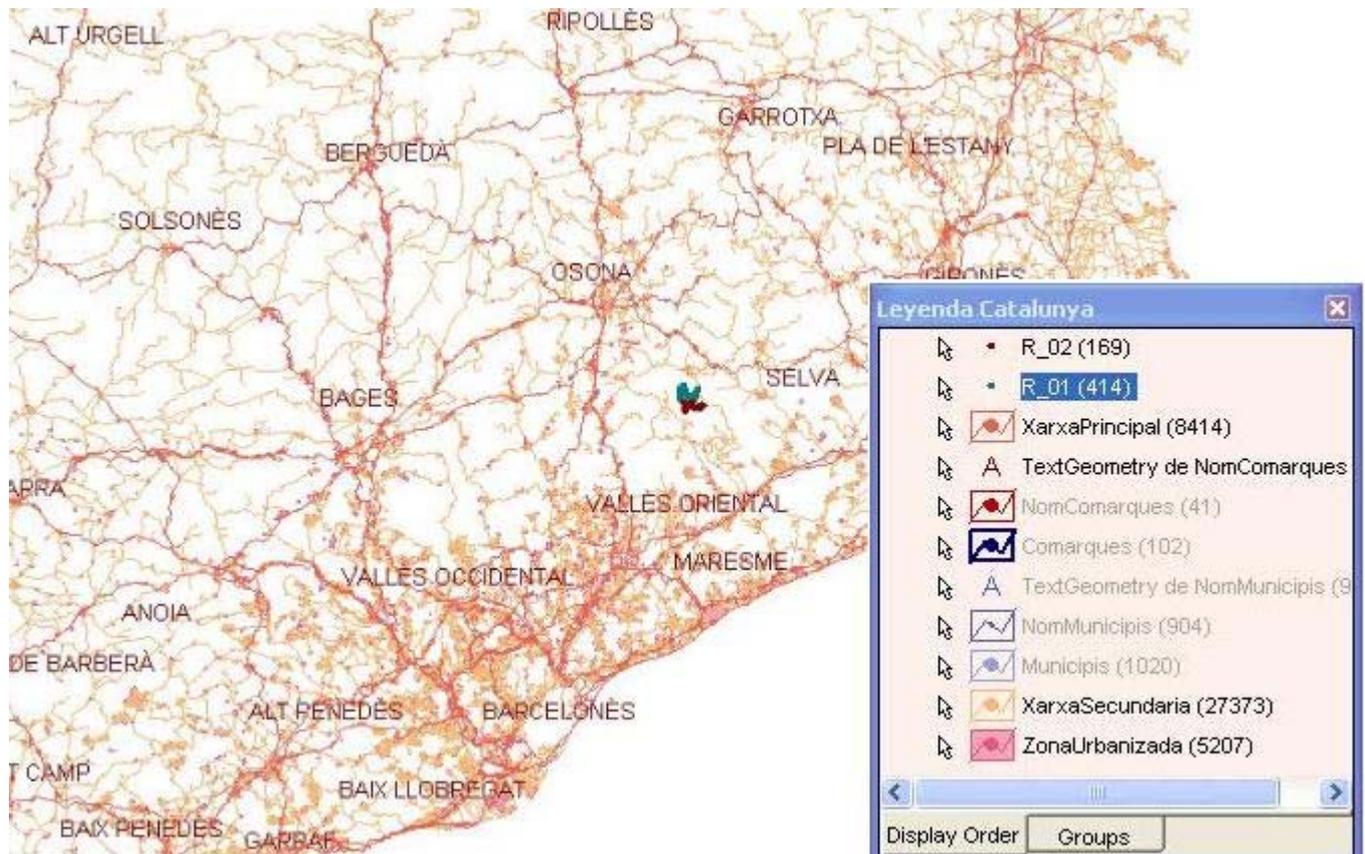
24. Puntos a corregir. Salida de la herramienta Validar Geometría

Los datos de las rutas que realizan los veterinarios se introducen en GeoMedia a partir de conexiones a ficheros de texto (6.3. Construcción de la Base de Datos) de este modo podrán ser visualizados en la ventana de mapas del *GeoWorkspace*. A diferencia de lo que ocurre en las conexiones que se realizan con ficheros de datos en formato dxf (AutoCAD), al realizar una conexión con un fichero de texto (txt), los datos no aparecen automáticamente en la ventana de mapas, luego tampoco en la ventana de leyenda. Habrá que utilizar la herramienta de GeoMedia que está disponible desde el menú "Leyenda/Agregar entrada de leyenda..." para que aparezca esta clase de entidad en la ventana de leyenda y así poder seleccionar la ruta para ser visualizada en la ventana de mapas del *GeoWorkspace*.

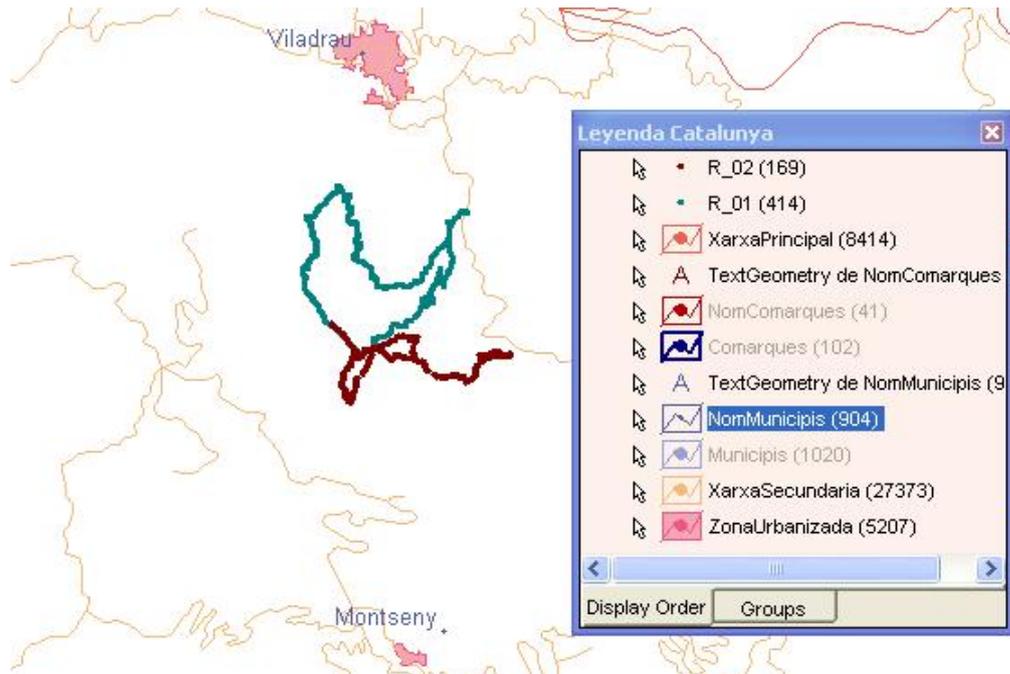


25. Ventana agregar entrada de leyenda.

La visualización de la ruta muestra las tramas capturadas por el DGPS durante el recorrido realizado por un vehiculo. Estos datos no corresponden a una ruta real realizada por una combinación de carreteras y caminos, pero es una aproximación aceptable que permite efectuar la simulación.



26. Visualización de rutas en GeoWorkspace. Entorno de trabajo



27. Detalle de las rutas en el entorno de trabajo de SIG.

En el siguiente apartado (7. Construcción de las Aplicaciones) se describirá el proceso seguido para pasar los datos visualizados desde conexiones a ficheros de texto (en el caso de las coordenadas) y ficheros AutoCAD (en el caso de la cartografía Base y la de carreteras) a las BBDD de almacenamiento del SIG.

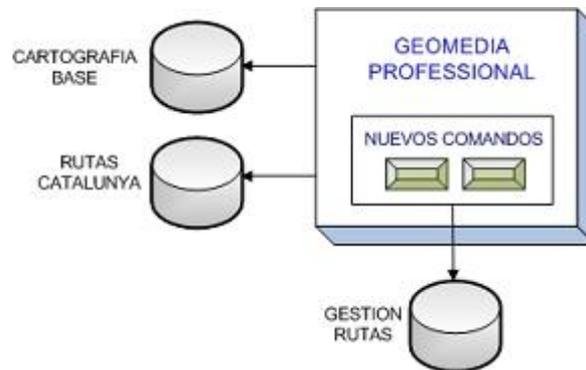
### 6.3. Construcción de la Base de Datos

Para la organización de la información de este SIG se han construido tres bases de datos (BBDD), que almacenarán todos los datos necesarios para el funcionamiento del SIG. Las BBDD se crearán y se gestionarán desde GeoMedia, aunque algunas de las funciones de gestión que requiere el usuario (gestión de rutas, etc.) se implementarán con Visual Basic para ser introducidas como nuevos comandos de GeoMedia. Además, al ser un tipo de almacén Access, se podrá utilizar el gestor de BBDD Microsoft Access para realizar tareas de gestión de las BBDD.

La selección de los datos que almacenará cada una de las BBDD se ha basado en ciertos aspectos de las BBDD:

- **Integridad de los datos:** Separando los datos cartográficos del SIG y los datos de las rutas que formarán parte de clases de entidad del SIG, de aquellos datos que serán manipulados por los usuarios, se consigue salvaguardar parte de la información más valiosa del SIG. Si bien sería costoso, se podrían conseguir de nuevo los datos cartográficos base del SIG, pero los datos de las rutas serán muy difíciles de conseguir a corto plazo.
- **Copias de seguridad:** Al tener los datos separados en diferentes BBDD se podrá ajustar la política de copias de seguridad de cada BBDD a las particularidades de la información que almacena. Por ejemplo, los datos cartográficos base no precisan una política de copias de seguridad que incluya copias diarias ya que son datos que probablemente no variarán en meses. Otra ventaja es que, a priori, se podrán realizar siempre copias de seguridad físicas de las BBDD, hecho que facilita también el diseño de la política de copias de seguridad.
- **La coherencia de la información:** Se dispondrán en diferentes almacenes los datos que manejará el usuario, los datos de rutas y los datos cartográficos base. De este modo la información que guardamos en cada BBDD podrá ser fácilmente relacionada.

Basándose en estos aspectos, se han construido tres bases de datos: Cartografía Base, Rutas Cataluña y Gestión Rutas. Las tres BBDD se crearán desde GeoMedia si bien, para la gestión de la base de datos Gestión Rutas, se diseñarán dos nuevos comandos de GeoMedia.



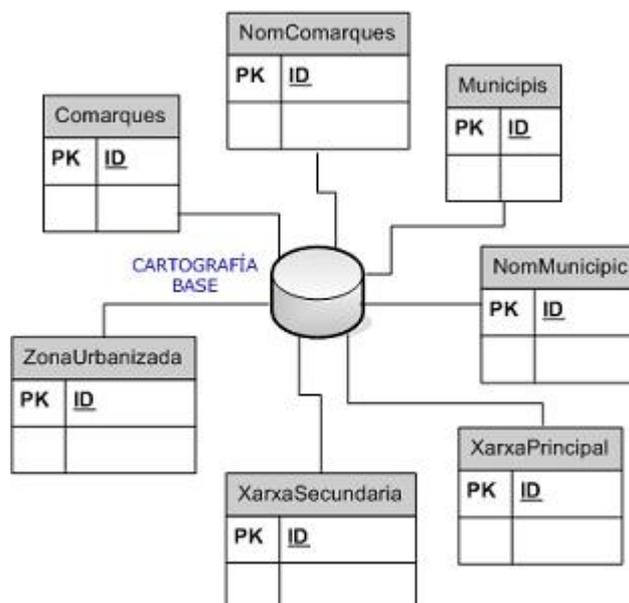
28. BBDD del SIG

Para la creación de las BBDD se ha utilizado la herramienta de GeoMedia "Almacén Nuevo", que está disponible en el menú "Almacén", como opciones podremos seleccionar el tipo de almacén Access y su nombre, una vez creado el almacén la conexión con este estará ya disponible para realizar operaciones de lectura y escritura.

### Cartografía Base

En esta BBDD se almacenan los datos que formarán parte de la cartografía base del SIG y de la cartografía de carreteras, tanto primarias como secundarias. La creación de las clases de entidad de esta BBDD se realiza a partir de conexiones a servidores de datos CAD (autoCAD) para posteriormente sacar estos datos a clases de entidad de la BBDD. Para realizar esta operación GeoMedia dispone de la herramienta "Sacar a clases de entidad" del menú "Almacén".

Cada una de las clases de entidad de esta BBDD corresponde a una capa de información del SIG y son: Comarques, NomComarques, Municipis, NomMunicipis, XarxaPrincipal, XarxaSecundaria, ZonaUrbanizada.



29. BBDD Cartografía Base y clases de entidad con su atributo PK (Primary Key)

La política de copias de seguridad deberá tener en cuenta que los datos de estas clases de entidad no serán modificados habitualmente, por lo tanto, será suficiente hacer una copia de seguridad cada seis meses y siempre que se añada o modifique alguna clase de entidad

### Rutas Catalunya

La información de esta BBDD estará formada por las rutas que han realizado los veterinarios de la empresa y que permiten visualizar, en la ventana de mapas, las vías usadas y cartografiar los caminos que llegan hasta las granjas de los clientes.

La creación de las clases de entidad de esta BBDD se realiza, también, con la herramienta "Sacar a clases de entidad..." del menú "Almacén". La diferencia que hay entre la creación de las clases de entidad de la BBDD Cartografía Base y las de esta BBDD, esta en que ahora las conexiones se realizan contra servidores de ficheros de texto, en lugar de realizarse contra servidores de datos CAD. Una vez que se dispone de la conexión de lectura con el fichero de texto en el que se almacenan los puntos que forman la ruta, ya se puede utilizar la herramienta "Sacar a clases de entidad" para guardar los datos de las rutas en la BBDD.

Cada ruta se guardará en una clase de entidad y tendrá la siguiente nomenclatura: R\_Entero, por ejemplo R\_01, R\_02, ..., R\_29, etc.



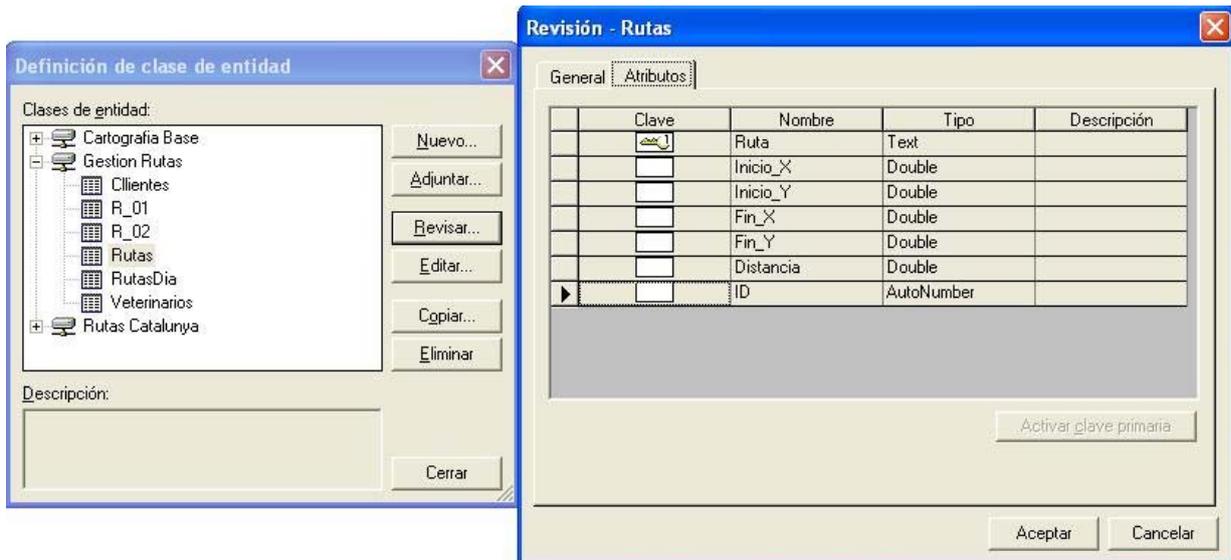
30. BBDD Rutas Cataluña y clases de entidad con su atributo PK.

Esta BBDD tendrá más actividad (incorporación/borrado de rutas) que la BBDD Cartografía Base, ya que siempre tendrá que estar actualizada según las necesidades de la empresa. Cada vez que se incorpore, se borre o se altere una ruta se tendrá que modificar esta BBDD. Por lo tanto, las copias de seguridad se realizarán semanalmente y siempre que se modifique la BBDD.

### Gestión Rutas

La BBDD Gestión Rutas almacena todos los datos de interés para la gestión de las rutas. Los datos de esta BBDD se editarán con las herramientas que se han desarrollado mediante VB (también se pueden visualizar desde la ventana de datos de GeoMedia) y tienen un formato que permite la edición de los datos para poder ser gestionados por una persona (supervisor). Una vez verificados los datos y finalizadas las tareas que se tengan que realizar con ellos (añadir/quitar puntos, añadir toda una ruta a otra ruta, etc.) se sacarán los datos a una clase de entidad de la BBDD Rutas Catalunya para su visualización en la ventana de mapas.

Para la definición de las tablas de esta BBDD, también desde el menú Almacén, se ha utilizado la herramienta "Definición de Clases de Entidad..." que permite crear las diferentes tablas, definir los diferentes atributos de cada tabla, editarlos y revisarlos posteriormente.



31. Definición de Tablas

En la siguiente figura (Tablas y Relaciones BBDD Gestión Rutas) se pueden ver las tablas y sus relaciones. La tabla de mayor actividad será la tabla Rutas día. Esta tabla registra las rutas que diariamente realizan los veterinarios. La clave principal está formada por los atributos Ruta, IDVeterinario y Cliente, cada uno de estos atributos será una clave principal en sus respectivas tablas y foránea de la tabla RutasDia.

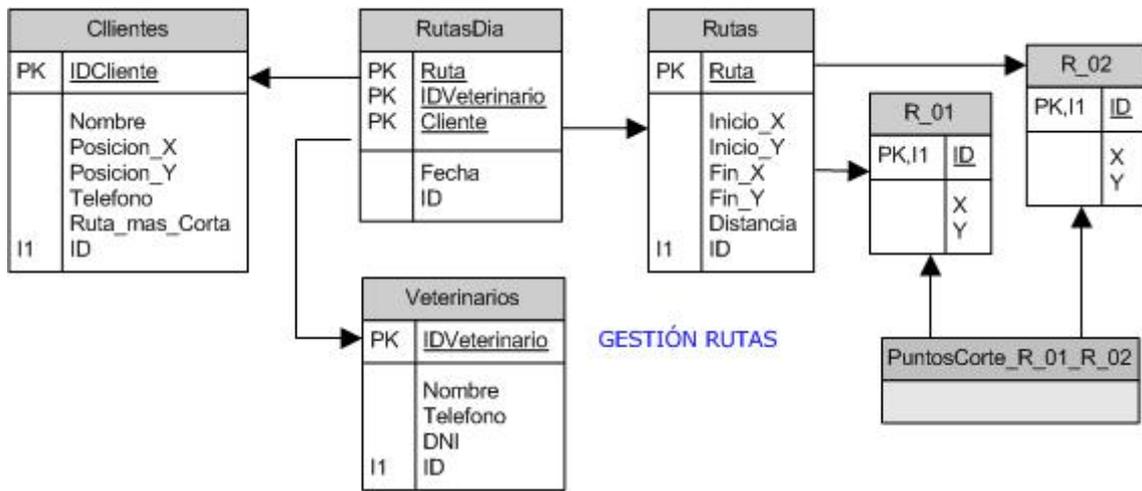
La tabla de Rutas permite identificar cada ruta por su identificativo de clase de entidad, de este modo se tendrá un control de las rutas que tiene almacenadas esta BBDD y la BBDD Rutas Catalunya.

PuntosCorte\_R\_01\_R\_02 es una vista creada sobre las tablas R\_01 y R\_02 que selecciona aquellos puntos de R\_01 y R\_02 que se encuentren a menos de 100 m de distancia. Se considera que si la velocidad media de los vehículos en ruta es de 60 km/h y el GPS recibe un track cada 10 s, la distancia media que habrá entre dos puntos de una misma ruta será de unos 167 m.

A continuación se muestra las instrucciones SQL utilizadas para realizar la selección de puntos:

```
SELECT DISTINCT
  R_01.X AS X_R_01, R_01.Y AS Y_R_01, R_02.X AS X_R_02,
  R_02.Y AS Y_R_02, R_01.ID AS ID_R_01,
  R_02.ID AS ID_R_02
FROM R_01, R_02
WHERE (ABS(R_01.X / 100 - R_02.X / 100) < 1) AND
      (ABS(R_01.Y / 100 - R_02.Y / 100) < 1)
ORDER BY R_01.ID
```

En futuras versiones se adaptarán las BBDD Rutas Catalunya y Gestión Rutas para que guarden un atributo altitud, de este modo se descartarán aquellos puntos cuya altitud se considere que supera el umbral de la normalidad y se considerará que dos puntos situados fuera de este umbral se encuentran en vías a diferentes altitudes y no pueden ser considerados nodos entre rutas.



32. Tablas y Relaciones BBDD Gestión Rutas

Esta BBDD será modificada prácticamente a diario. Luego se tendrá que adoptar una política de copias de seguridad que se adapte a esta circunstancia, se realizarán copias de seguridad diarias y se observará la posibilidad (dependiendo de las necesidades reales) de realizar copias en caliente varias veces al día.

## 7. Construcción de las Aplicaciones

Al igual que en la fase anterior, durante la construcción de las aplicaciones se han tenido que realizar algunos cambios. Estos cambios han hecho variar la estrategia de desarrollo de las aplicaciones que inicialmente se tenían que programar con Visual Studio 2005 (versión 8.0 de VB) o Visual Basic .NET 2003.

Se descartó Visual Studio 2005 (VS 2005) por no tener disponible la opción "Complementos/Administrador de Complementos" ni ninguna otra similar o que permitiese cargar el GeoMedia Command Wizard. El GeoMedia Command Wizard, básicamente, se encarga de enlazar GeoMedia con los ficheros generados durante la compilación del código y la generación del .dll para que la aplicación creada este disponible desde GeoMedia como un comando. Se creó un fichero add-in, que permitía visualizar el GeoMedia Command Wizard en el administrador de add-ins, pero tampoco así se conseguía cargarlo.

También se reinstaló GeoMedia para ver si de este modo se podía cargar el GeoMedia Command Wizard desde VS 2005. Durante la reinstalación se detectó que el identificador de Host (Host\_ID) que genera GeoMedia para habilitar la licencia facilitada, se basa en las interfaces de red lógicas que estén activas en el momento de la instalación. Este hecho exige recordar las conexiones que se tenían activas en el momento de la instalación (Bluetooth, wireless, LAN, etc....) y teniendo en cuenta que los firewalls pueden cerrar aquellas conexiones que llevan un tiempo sin actividad la tarea puede complicarse bastante.

Con Visual Basic .NET 2003 (VB .NET 2003) el problema fue muy diferente ya que no se pudo instalar el software. La UOC facilita a los estudiantes que están realizando el TFC un usuario y contraseña para descargarse aplicaciones de desarrollo como VS 2005, VB .NET 2003, Visio, etc., sistemas operativos como Windows XP, 2000, etc., y otro software, considerado de desarrollo, desde un servidor de Microsoft. En el caso del VB .NET 2003 solo había disponibles los CD's 1 y 2 de instalación, estos dos CD's no son suficientes para instalar la versión de VB .NET 2003 que hay disponible en el servidor ya que para poder iniciar la instalación es necesario un tercer CD de prerequisites.

Finalmente se instaló una copia de Visual Studio 6.0 y se observó que esta versión tiene disponible la opción "Complementos/Administrador de Complementos" y se pudo cargar el GeoMedia Command Wizard e iniciar el desarrollo de las aplicaciones.

Estos hechos han influido en las etapas de elaboración y construcción de las aplicaciones (1.3. Enfoque y método seguido), ya que se han tenido que solapar los procesos de análisis y diseño con el de realización.

Una vez definido el contexto en el que se desarrolla esta fase del TFC, cabe añadir a esta introducción, que en este capítulo se expone el funcionamiento de las aplicaciones, la interfaz de usuario y aquellas particularidades de las etapas de elaboración y construcción de la aplicación que pueden ser de interés.

VB (VB 2005, .NET 2003 y VB 6.0) es un lenguaje de programación que permite construir aplicaciones sencillas pensando en la interfaz de usuario. La idea de clase como unidad de composición de los lenguajes de POO tiene su equivalente en controles VB (*ComboBox*, *ListBox*, *DataGrid*, etc.) que pueden formar parte de la interfaz de usuario. Esto no quiere decir que en VB no se puedan diseñar y definir nuevas clases, sino que VB, además, permite realizar un diseño visual de las aplicaciones.

### 7.1. Conversor de Formato OziExplorer

OziExplorer es un programa dedicado al mundo del GPS que permite trabajar con los GPS de los modelos Garmin, Lowrance, y Magellan, facilitando el intercambio de datos (rutas, tracks y waypoints) entre la práctica totalidad de los usuarios de GPS. Otros aspectos a destacar son su versatilidad (usa mapas escaneados o digitales), importa mapas, crea rejillas (grids), tiene implementada la función de mapa móvil etc. Además, es extraordinariamente preciso y posee un buen soporte técnico.

El conversor de formato OziExplorer (cfOzi) elimina la información, inicialmente, superflua de un fichero de texto en formato OziExplorer sin cabecera, sustituye la separación decimal "." por la "," empleada por GeoMedia, transforma las coordenadas referenciadas al datum WGS84 al ED50 y añade un identificativo ID a cada track. De este modo se puede automatizar la función de transformación desde GeoMedia y dejar el fichero preparado para realizar una conexión desde GeoMedia mediante el servidor de ficheros de texto como se comenta en el apartado 6.3. Construcción de la Base de Datos.

Para realizar la transformación de coordenadas, en primer lugar se convierten las unidades de grados decimales (usados por OziExplorer) a radianes (usados por GeoMedia). Para esta conversión se implementa el siguiente código:

```
Set GeoApp = GetObject(, "Geomedia.Application")
Set objMV = GeoApp.ActiveWindow.MapView
Set objCS = objMV.CoordSystemsMgr.CoordSystem
Set objUFS = objCS.RefSpaceMgr.UnitFormatSpec

objUFS.GeogPrec = 8
objUFS.GeogUnit = "deg"
pntOrig = (CStr(X) + ";" + " " + CStr(Y) + ";" + " " + "0")

objUFS.ParsePointString PCSS.cspsGeographic, pntOrig, dblX, dblY, dblZ
```

Una vez convertidas las unidades a radianes, se realiza la transformación de datum. Para esta transformación se usa un objeto *DatumTransformation* al que se le indica el modelo de transformación *Molodensky*, el datum origen WGS84 y el datum de destino ED50. Definidos estos datos se usa un objeto *CoorSystem* instanciado con el sistema de coordenadas del Geoworkspace (datum ED50) que además transforma las coordenadas de latitud/longitud a coordenadas en proyección Este/Norte. El código utilizado es el siguiente:

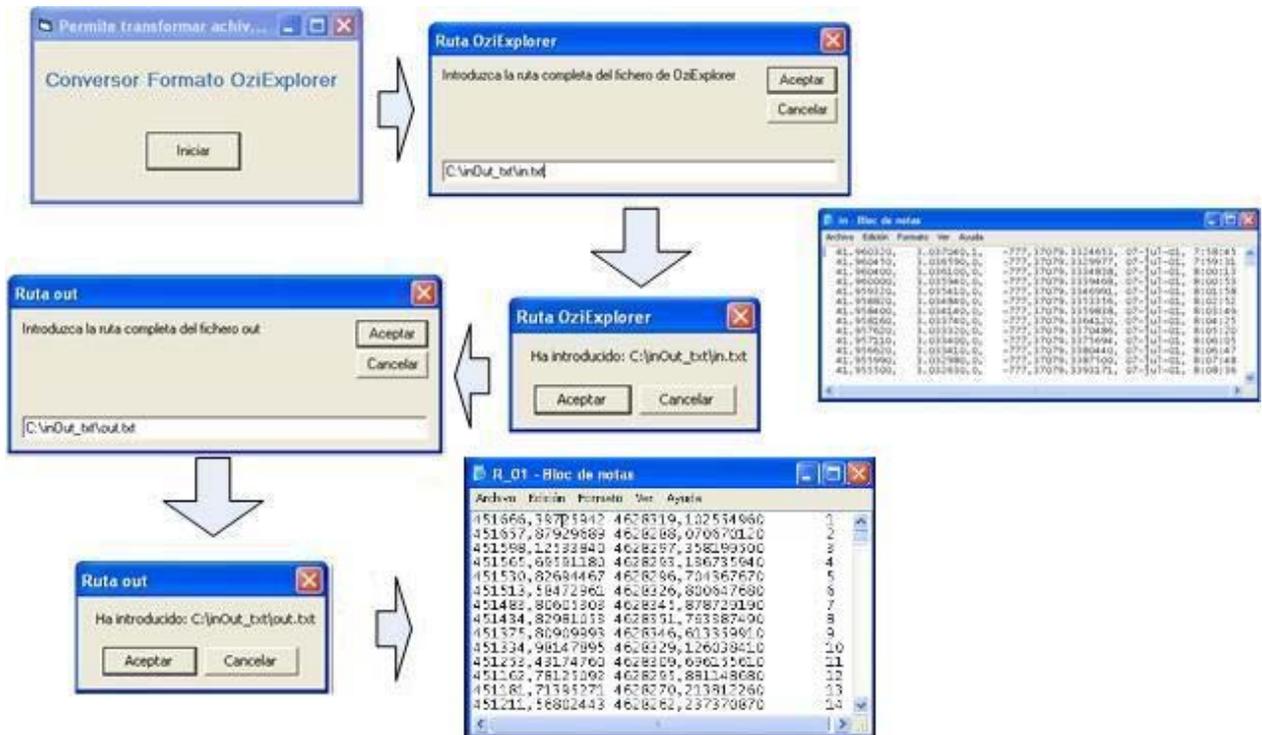
```
Dim objDtmTran As New DatumTransformation

With objDtmTran
    .ModelTypeVal = csdtStandardMolodensky
    .Name = "StandardMolodensky Eur50 to WGS84"
    .ForwardInputSpaceGeodeticDatumVal = csgdWGS84
    .ForwardInputSpaceVerticalDatumVal = csvdUnspecified
    .ForwardOutputSpaceGeodeticDatumVal = csgdEuropean1950
    .ForwardOutputSpaceVerticalDatumVal = csvdUnspecified
End With

objCS.TransformPoint cspLLU, 1, cspENU, 1, dblX, dblY, dblZ
```

Una vez finalizada la conversión, se le añade un identificativo (ID) a cada punto y se guarda en un fichero de texto delimitando las columnas con tabuladores.

La interfaz de usuario es sencilla y solicita al usuario el nombre y la ruta del fichero de texto (.txt) en formato OziExplorer y la ruta y nombre del fichero de salida. El funcionamiento del cfOzi puede seguirse fácilmente a partir de la siguiente vista:



33. Vista funcionamiento Convertor formato OziExplorer

Para modificar el hilo de ejecución mostrado, por ejemplo en caso de introducir una ruta errónea, se deberá cancelar la confirmación de la ruta del fichero desde la ventana de confirmación y aparecerá otra vez la ventana que permite introducir la ruta correcta. La aplicación dará error en caso de introducir la ruta en blanco o no existir el fichero, si se quiere volver a utilizar el cfOzi se tendrá que reiniciar GeoMedia. Para salir del comando, se pulsará sobre el botón cerrar de la ventana inicial.

Como futura mejora se podría cambiar la forma de acceder al fichero para que en lugar de introducirse su ruta manualmente, se pueda seleccionar el fichero mediante controles que permitan visualizar el contenido de directorios. Se podría, por ejemplo, enlazar un *DriveListBox* (permite acceder a dispositivos) con un *DirListBox* (permite acceder a directorios) para conseguirlo.



34. DriveListBox y DirListBox

## 7.2. Supervisor de rutas

GeoMedia dispone de una ventana de datos (5.1. GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0, apartado Ventana de datos) desde la que se pueden visualizar las entidades de una clase de entidad. La clase de entidad a visualizar, se selecciona en una ventana previa y una vez en la ventana de datos, si se quieren visualizar las entidades y atributos de otra clase de entidad, se tendrá que salir de la ventana de datos para seleccionar una nueva clase de entidad.

El supervisor de rutas nace con la idea de ampliar sensiblemente las posibilidades de la ventana de visualización de datos disponible en GeoMedia. Se tenía que buscar, pues, un control de VB que facilitara al usuario la selección de la clase de

entidad. Inicialmente se iba a utilizar el control *Data* que proporciona acceso a BBDD con un objeto de la clase *Recordset*, pero se desechó esta opción al no permitir ver el contenido de la BBDD si no recorrer, con el objeto de *Recordset* los nombres de las clases de entidad (tablas) de la BBDD.

El control *ComboBox* permite acceder y seleccionar información en tiempo de ejecución. Si se combina este control con un *DataGrid* y se añade a la aplicación un objeto de la clase *Connection* para conectar con la BBDD y un objeto de la clase *Recordset* para recorrerla ya tenemos la base necesaria para construir una aplicación de acceso a la BBDD.



35. Controles *Data* (*Data1*), *ComboBox* (*Combo1*) y *DataGrid*

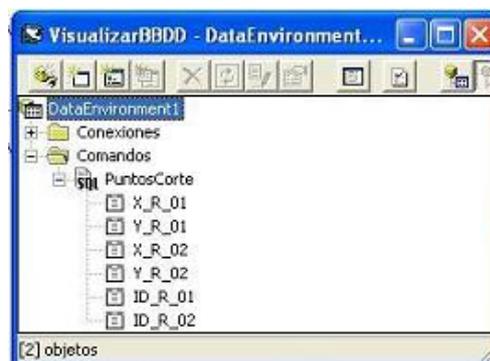
En este comando se realizará también la selección de los puntos de corte entre rutas. Para realizar esta función se ha implementado un control *CommandButton*, que se usa para iniciar, interrumpir o terminar un proceso, y otro *DataGrid* que se situará encima del anterior. Si bien, al cargarse la aplicación la opción por defecto visualiza el *DataGrid* enlazado al *ComboBox*, dependiendo de la selección realizada (*CommandButton* o *ComboBox*) será visible un *DataGrid* u otro, lo que permitirá tener acceso a diferentes datos.



36. *CommandButton*

Es importante tener en cuenta que el entorno de desarrollo de VB para GeoMedia no dispone de todas la librerías de clases utilizables desde VB 6.0. Aunque VB para GeoMedia dispone de la clase *Connection* en su librería GDO (*GeoMedia Data Object*) para conectarse con la BBDD, no dispone de la clase *Recordset* para recorrerlas. VB para GeoMedia utiliza la clase *GRecordset* que no dispone de todos los métodos utilizados en este TFC. Por ejemplo, la clase *GRecordset* no dispone del método *State*, que permite saber el estado del *Recordset*. Para importar las librerías necesarias, al entorno de desarrollo de VB para GeoMedia, será preciso añadir al proyecto un diseñador de entorno de datos (*Data Environment*) en tiempo de diseño.

Asimismo, la selección de los puntos de corte entre rutas se ha realizado en tiempo de diseño con el diseñador de entorno de datos. De este modo, mediante la clase *DataEnvironment* (que importa las clases *Connection* y *Recordset* de las librerías *ADODB*, *Microsoft ActiveX Data Object Data Base*) se enlaza un *DataGrid* a la instrucción SQL *SELECT* vista en el apartado Gestión de rutas del capítulo 6.3. Construcción de la Base de Datos.



37. Diseñador de entorno de datos

Así pues, desde este nuevo comando de GeoMedia se podrá, por un lado, acceder a las clases de entidad de la BBDD Gestión Rutas y ver su contenido y por otro, observar los puntos, considerados de corte entre las rutas R\_01 y R\_02. La interfaz de usuario se puede observar en la siguiente figura.



38. Interfaz de usuario del comando

Como se puede apreciar, el *ComboBox* permite seleccionar una clase de entidad de la BBDD viéndose en el *DataGrid* las entidades y atributos de la clase seleccionada. Si se selecciona el *CommandButton* Puntos Corte R\_01 R\_02, en el *DataGrid* se podrán observar los puntos considerados de corte.

Esta aplicación es solo de visualización y no está diseñada para modificar los valores de los atributos (celdas) de la BBDD. Como línea de futuro se podrían implementar otros dos *ComboBox* que permitirían seleccionar dos de las rutas de la BBDD Rutas Catalunya, para observar en el *DataGrid* correspondiente sus puntos de corte.

### 7.3. Gestor de rutas

Este comando dotará a GeoMedia Professional de la posibilidad de añadir entidades, eliminarlas y modificar los valores de los atributos de las tablas Rutas Diarias, Rutas, Veterinarios y Clientes de la BBDD Gestión Rutas. Así, sin salir de GeoMedia, se podrá realizar una gestión simple de esta BBDD.

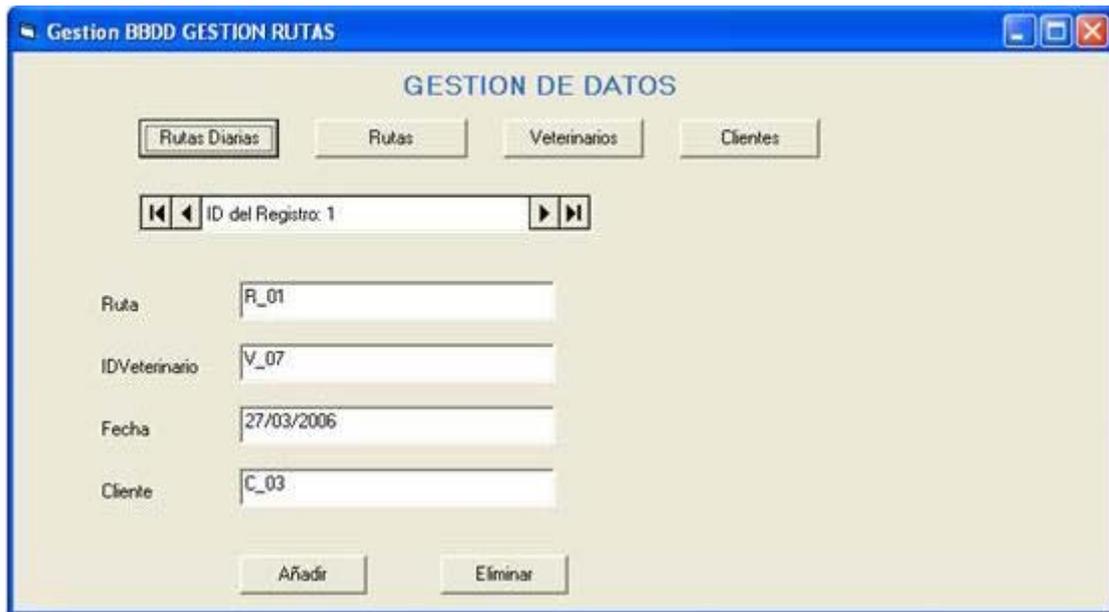
Para la conexión con la BBDD se emplean objetos de las mismas clases que se han empleado con el Supervisor de rutas (*Connection* y *Recordset*). Si bien, ahora las clases de entidad se seleccionan desde un *CommandButton*. Como se puede ver en la figura, la interfaz de usuario dispone de seis *CommandButton* cuatro para seleccionar las tablas anteriormente mencionadas y los otros dos para añadir y eliminar filas completas.

39. Interfaz de usuario del Gestor de Rutas (tabla clientes seleccionada)

En la figura se observa que el control de selección de registro tiene un aspecto similar a un control *Data* (7.2. Supervisor de rutas) pero en realidad es un control *Adodc*. Esta es la principal característica que diferencia el funcionamiento de este comando del funcionamiento del comando Supervisor de Rutas. Ahora es la clase *Adodc* la que, en tiempo de diseño, importa las clases y métodos necesarios para la utilización de las clases *Connection* y *Recordset*. En realidad no hay un solo *Adodc* si no cuatro superpuestos, para seleccionar uno u otro se pone su método *Visible* a verdadero en el momento que se presiona un *CommanButton* y el método *Visible* del resto de *Adodc* a falso. Cada *Adodc* tiene conectado su *Recordset* a una tabla de la BBDD.

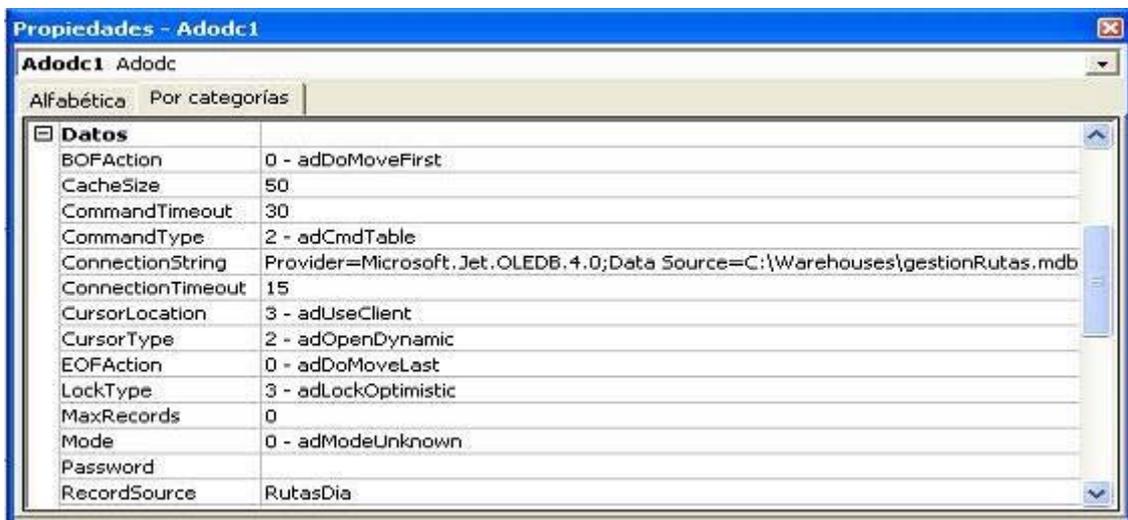
Como el *Adodc* permite mostrar texto, se ha enlazado su método *Caption* con la columna ID de la tabla a la que está conectado su *Recordset* de este modo se puede saber en que punto de la tabla se encuentra el usuario. Este control incorpora la posibilidad de pasar de un registro al siguiente, al anterior, al primero y al último.

Para visualizar el contenido de las columnas se enlaza cada *Recordset* a una matriz de controles *TextBox* a los que se le asigna un control *Label* con el nombre del atributo correspondiente. Así, dependiendo del *Adodc* seleccionado se visualizarán una serie de controles u otros con el fin de que el usuario puede acceder a la información oportuna. Como se ha visto en la figura anterior, al tener seleccionado el *CommanButton* Clientes, se visualizan los registros correspondientes a esta tabla. En la siguiente figura se puede observar que, al seleccionar la tabla Rutas Diarias, el interfaz de usuario se ha adaptado a los registros de esta tabla.



40. Interfaz de usuario del Gestor de Rutas (tabla Rutas Diarias seleccionada)

Para añadir filas enteras se presionará el *CommanButton* Añadir y se introducirán los datos oportunos, pero no se volverá a presionar este control hasta que se quiera volver a introducir otra fila entera. Si se quieren guardar los datos introducidos bastara con apretar cualquier botón del *Adodc*. Para borrar una fila, se seleccionará con el *Adodc* el registro correspondiente a la fila a eliminar y se presionará el control Eliminar, los datos desaparecerán al presionar algún botón de *Adodc*. En la siguiente figura se muestra la configuración del control *Adodc* para que la conexión con la tabla Rutas Diarias funcione correctamente.



41. Propiedades del control Adodc1

Como posible mejora se podría optimizar el control de errores para que en el caso de presionar el *CommanButton* añadir estando la fila de la tabla en blanco o al presionar el control Eliminar, después de haber presionado el control Añadir, aparezca un mensaje informando que estas acciones no están permitidas. Evidentemente esto no es causa de un funcionamiento anómalo del código, sino que es debido a que las BBDD no permiten añadir filas en blanco a las tablas ni tampoco eliminar filas inexistentes. También se podría variar el método de selección de las tablas de la BBDD implementando un *ComboBox* que permita seleccionar una tabla de la lista, como se hacía en el comando Supervisor de Rutas.

## 8. Valoración Económica y Conclusiones

En este último capítulo se hará una valoración del coste del proyecto para posteriormente concluirlo e introducir algunas líneas de desarrollo futuro.

### Valoración Económica

- Coste del receptor de tramas GPS por vehículo:
  - Receptor de DGPS: 4.000 €
  - Receptor RASANT TGPS 2: 345,03 €
  - Instalación: 250 €
- Coste del software:
  - GeoMedia Professional 6.0: 17.864 €
  - Microsoft Access: 338 €
  - Visual Basic + MSDN: 2.403,51 €
- Coste del diseño e implementación del SIG de Cataluña:
  - Construcción del SIG: 3.000 €
- Coste del diseño e implementación de las aplicaciones:
  - Construcción de las aplicaciones: 3.000 €

### Conclusiones

El extenso campo de la informática abarca la tecnología de los SIG gracias a su relación con las BBDD y a la posibilidad de algún software SIG como GeoMedia de ampliar sus funcionalidades desarrollando aplicaciones que permitan adaptarlos a las necesidades del usuario. Son además imprescindibles conocimientos en cartografía y geodesia para culminar con éxito la construcción de un SIG, no obstante en este caso también han sido necesarios conocimientos sobre GPS para diseñar el sistema que incorporarán los vehículos de la empresa para la captura de tramas.

En este TFC se ha visto que es posible construir un SIG para gestionar las rutas realizadas por los vehículos de una empresa veterinaria que desarrolla su actividad en el territorio catalán ampliando las funcionalidades de GeoMedia Professional 6.0 creando nuevos comandos con el software de desarrollo Visual Basic 6.0. Una de estas nuevas funcionalidades permite utilizar desde GeoMedia Professional ficheros generados por el software OziExplorer, utilizado para descargar tramas GPS desde la mayoría de los GPS comerciales. Se ha visto también la dificultad de conseguir imágenes raster gratuitas de toda Cataluña que se adecuen a las necesidades de este SIG, y la de implementar nuevas funcionalidades con Visual Basic 2005.

Aunque la línea de futuro de este proyecto se ha ido marcando en el desarrollo de esta memoria, sería interesante añadir a GeoMedia un comando que permita importar ficheros de texto a una BBDD Access si alterar el formato de los datos. Aunque desde GeoMedia es posible crear tablas y con los comandos que se han creado se pueden modificar las filas de estas tablas, no es posible importar ficheros de texto enteros a las BBDD Access, y es necesario realizar esta tarea desde Microsoft Access.

Para mejorar el aspecto del SIG y hacerlo más amigable, se podría comprar al ICC la imagen raster de toda Cataluña (escala máxima 1:50.000) y estudiar el modo de utilizarla desde GeoMedia sin ralentizar el funcionamiento general del sistema.

Otra línea de futuro, que podría dar pie a un nuevo proyecto, sería la construcción de un SIG para la localización de vehículos en tiempo real.

## 9. Glosario

**Algoritmo:** Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema.

**Almacén:** Fuente de datos.

**Archivo:** Conjunto de datos almacenado en un dispositivo.

**Área:** Espacio de tierra comprendido entre ciertos límites.

**Atributo:** Propiedad de una clase de elementos en una BBDD.

**Base de datos:** Conjunto estructurado de datos que forma parte de un sistema informático.

**CAD:** *Computer Aided Design*, Diseño asistido por ordenador. Conjunto de herramientas informáticas que facilitan el diseño gráfico de elementos.

**Campo:** Parte de un registro en una BBDD.

**Capa:** Conjunto de datos espaciales asociados lógicamente en función de un contenido temático.

**Celda:** Elemento básico de información en una estructura raster matricial.

**Consulta:** Recuperación de la información de una BBDD según unos requisitos establecidos.

**Coordenada:** Cada una de las cantidades que determinan la posición de un punto en un sistema de referencia.

**Dato:** Información dispuesta de manera adecuada para ser tratada.

**Datos geográficos:** Información dispuesta de manera adecuada para referenciar elementos localizados en la tierra.

**Datum:** Modelo matemático de la Tierra obtenido a partir de cálculos geodésicos.

**DGPS:** *Differential GPS* o GPS diferencial es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones a los datos recibidos de los satélites GPS.

**Digitalizar:** Transformación de señales analógicas en digitales.

**Dominio:** Conjunto de valores posibles de un atributo.

**Elevación:** Distancia vertical medida desde una superficie de referencia.

**Elipsoide:** Descripción simplificada de la forma y dimensiones de la tierra.

**Entidad:** Las entidades son representaciones gráficas de elementos del mundo real.

**Escala:** Relación matemática entre las dimensiones reales y el dibujo en un plano.

**Escáner:** Es un periférico que se utiliza para convertir, mediante el uso de la luz, imágenes impresas a formato digital.

**Formato:** Organización de datos de modo que sean entendidos por un sistema informático determinado.

**Geoide:** Forma teórica de la Tierra determinada por la geodesia.

**Georreferenciación:** Asignación de los datos de la posición de un elemento geográfico en base a un sistema de referencia conocido.

**GPS (Sistema de Posicionamiento Global):** El GPS fue desarrollado por el DoD (acrónimo de la expresión inglesa, *United States Department of Defense*) como un sistema de navegación de precisión, con fines militares.

**Hardware:** Dispositivos físicos que forman parte de un sistema informático.

**Importar:** Proceso de entrada de datos a un sistema informático procedente de un dispositivo de almacenamiento o de otro sistema informático.

**Información alfanumérica:** Conjunto de datos formado por números y letras.

**Información geográfica:** Conjunto de datos que describen elementos de la tierra de modo que pueden ser representados.

**Intersección:** Punto o puntos comunes a dos elementos del plano o del espacio.

**Leyenda:** controlan, en GeoMedia, qué información aparece en la ventana de mapa, incluidas la simbología, orden de aparición y características interactivas.

**Modelo de datos:** Es un sistema formal y abstracto que permite representar la información del problema a resolver según unas reglas y convenios predefinidos.

**Nodo:** Intersección entre dos rutas que permite desplazarse de una ruta a la otra.

**Objeto geográfico:** Representación de una entidad geográfica.

**Precisión:** Exactitud con la que el GPS ubica un punto en la superficie terrestre.

**Primari Key (clave Primaria):** Campo, o a una combinación de campos, que identifica en forma única a cada registro de una BBDD.

**Proyección:** Conjunto de transformaciones métricas definidas para representar la superficie de la tierra en un plano.

**Raster:** Modelo de Datos en el que la realidad se representa mediante celdas elementales.

**Registro:** Conjunto de atributos relacionados con un objeto geográfico y que son tratados como una entidad por el software de gestión de la BBDD geográficas.

**Resolución:** Separación mayor o menor que puede apreciarse entre dos objetos próximos en el espacio.

**Sistema:** Entidad material formada por partes organizadas (o sus "componentes") que interactúan entre sí de manera que las propiedades del conjunto no pueden deducirse por completo de las propiedades de las partes.

**Sistemas de gestión de BBDD:** Software utilizado para organizar y gestionar datos almacenados en una BBDD.

**Sistema de información geográfica, SIG:** Es un hardware, un software y unas personas que explotan sus funcionalidades con el fin de tomar decisiones a partir de los datos almacenados en bases de datos, de las cuales al menos una almacenará información geográfica.

**Tableta digitalizadora:** Equipo periférico utilizado para digitalizar interactivamente elementos geográficos de un mapa.

**Topografía:** La topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de la realidad física inmóvil circundante: en el ámbito rural ó natural, de la superficie terrestre; en el ámbito urbano, es la descripción de los hechos existentes que existen en un lugar determinado: muros, edificios, calles, etc.

**Toponimia:** Estudio del origen y significación de los nombres propios de lugar.

## 10. Bibliografía

- Peña Llopis, Juan. Sistemas de información geográfica Aplicados a la Gestión del Territorio. Alicante, Ed ECU 2006.
- Domínguez Bravo, J. Breve Introducción a la Cartografía y a lo Sistemas de Información Geográfica (SIG). Madrid, Ed. CIEMAT, 2000.
- Bosque Sendra, J. Sistemas de Información Geográfica. Madrid, Ed. RIALP, S.A., 1992.
- Martínez Casasnovas J. A. Sistemas de Información Geográfica. I.- Introducción y Estructuras de Datos. Lleida, Ed. DMCS-UdL, 1994.
- Aronoff, S. *Geographic information systems: A management perspective*. Ottawa, Ed. WDL PUBLICATIONS, 1989. Universidad de Valladolid. Apuntes de Cartografía. Coordenadas geográficas. [<http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-geograficas.pdf>]
- Peter H. Dana. *Consultant in Electronic Navigation, Precise Positioning, and Geographic Information Systems Research and Development*. University of Texas at Austin, Ph.D. (Geography). [<http://www.pdana.com/>]
- Generalitat del País Valencià. Institut cartogràfic de València. Diccionari de termes cartogràfics. [<http://www.gva.es/icv/GLOSARIO.HTM>]
- Universidad de Alfonso X el Sabio. Geodesia y cartografía. Introducción a la geodesia y a la cartografía. [<http://html.rincondelvago.com/geodesia-y-cartografia.html>]
- Institut Cartogràfic de Catalunya. Obtener recursos cartográficos. [<http://www.icc.es/>]
- Web del Departament de Medi Ambient i Habitatge. [<http://mediambient.gencat.net/cat/inici.jsp>]
- SOPDE. *Curs formatiu sobre SIG. Concepte de format raster i format vectorial*. [[http://gis.sopde.es/cursosgis/DHTML/que\\_2\\_2.html](http://gis.sopde.es/cursosgis/DHTML/que_2_2.html)]
- Universidad de Cádiz. Departamento de historia, Geografía i filosofía. SIG y medio ambiente. Captura de datos en un SIG. [<http://www.uca.es/dept/filosofia/TEMA%206.pdf>]
- Intergraph. GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0 Características generales GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.0. [<http://www.intergraph.es>]
- Revista online sobre los GPS, sistemas de localización por satélite. [<http://www.mundogps.com>]
- Como funciona el sistema GPS. [<http://www.elgps.com/documentos/comofuncionagps/comofuncionagps.html>]
- GPS diferencial (Jornada técnica DAB). [[http://www.rtve.es/dab/jornadtec/ppt\\_files/adolfoign\\_rne3.ppt](http://www.rtve.es/dab/jornadtec/ppt_files/adolfoign_rne3.ppt)]
- GPS diferencia. SCiNet Corporation | GPS Sistema de Seguimiento Online. [<http://www.scinet-corp.com/asociados/gps.htm>]
- GPS, enlaces de interés. [<http://www.elgps.com/documentos.html>]
- Receptor RASANT TGPS 2. [<http://www.tecnogps.com/>]
- *Microsoft Visual Basic 2005 documentation*. Microsoft Visual Studio 2005 Versión 8.0.
- *MSDN (Microsoft Developer Knowledge Base) Library*, Microsoft Visual Basic 6.0.
- Documentación de la asignatura *Enginyeria del Programari*. UOC, Febrero 2004.
- Wikipedia, la enciclopedia libre. [<http://es.wikipedia.org>]