

Licencia

(Creative Commons)

Esta obra está sujeta a - excepto que se indica lo contrario – una licencia de Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 3.0 España de Creative Commons.

Usted es libre de:

copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:

Reconocimiento — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).

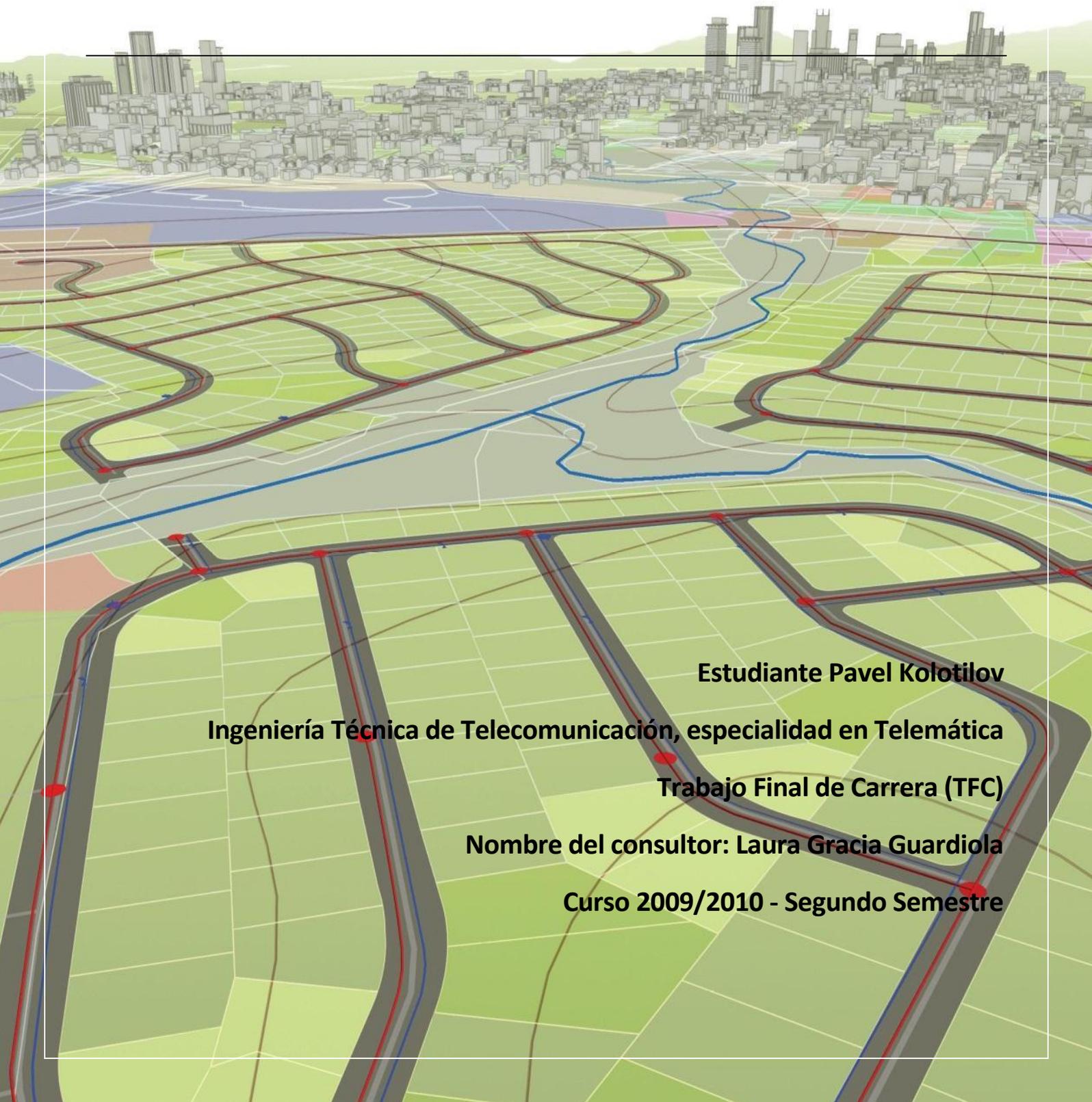
No comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Sin obras derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/>

Implementación de un procedimiento para la detección y eliminación de entidades duplicadas.

Aplicación a los procesos de expropiación



Estudiante Pavel Kolotilov

Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Telemática

Trabajo Final de Carrera (TFC)

Nombre del consultor: Laura Gracia Guardiola

Curso 2009/2010 - Segundo Semestre

Dedicatoria y agradecimientos

Dedico este trabajo a Nenushka, amor de mi vida, por reconocer mi afán en el campo de las Telecomunicaciones y apoyarme durante todos estos años de estudios en la UOC que culminaron en la escritura de esta memoria.

Además, no quería olvidarme de mi consultora, Laura Gracia que me ha dado muchos consejos buenísimos y ayudó entre otras cosas con la ortografía catalana y castellana.

Resumen

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión (Wikipedia, Geographic Information System, 2010).

Este Trabajo Final de Carrera (TFC) que se enmarca dentro del área de los SIG, pretende crear un procedimiento para la resolución de un problema topológico con una herramienta comercial *GeoMedia Professional 6.1*.

La presente memoria consiste de dos partes muy diferentes, una de las cuales es teórica y la otra es una solución del mencionado problema práctico.

La parte teórica trata sobre los conceptos básicos para la comprensión de un SIG: ¿Qué es un SIG?, ¿qué características tiene?, ¿qué componentes tiene? Además se analizan las diferencias entre un SIG, una base de datos tradicional y un CAD. A continuación, se explican los conceptos de cartografía y geodesia y se habla en detalle sobre los modelos de la Tierra: geoide, elipsoide y se expone cómo se utilizan las proyecciones en la creación de los mapas. Finaliza esta primera parte con un análisis del programa de SIG *GeoMedia Professional 6.1* y el entorno de programación *Visual Studio 2005* de Microsoft, empleados para el desarrollo de las aplicaciones.

La segunda parte, dedicada a la explicación práctica, comienza con una descripción de un caso real de la expropiación de una superficie afectada por el paso de una cañería de agua para obtener al final del ejercicio las superficies de expropiación pendientes de depurar. Así mismo se desarrollan las aplicaciones para la identificación y eliminación de los solapes de entidades que coinciden enteramente y parcialmente.

Como nota final, se hace una valoración económica del proyecto y se exponen las conclusiones a las que se ha llegado. Tras las conclusiones se finaliza el proyecto proponiendo diferentes líneas de continuación.

Índice de Contenidos

Dedicatoria y agradecimientos	2
Resumen	3
Índice de Contenidos	4
Índice de Figuras	6
Capítulo 1. Introducción a TFC	7
I. Justificación del TFC y el contexto en el que se desarrolla	7
II. Objetivos del TFC	8
1. Objetivos Generales	8
2. Objetivos Específicos	8
III. Enfoque y método seguido	8
IV. Planificación del proyecto	10
V. Calendario de entregas	10
VI. Productos obtenidos	11
VII. Descripción de los capítulos de la memoria	11
2. Introducción a los SIG	11
3. Conceptos de Cartografía y Geodesia	11
4. Descripción de la herramienta de trabajo.....	11
5. Descripción del cálculo de expropiaciones a partir de unos parámetros dados.....	12
6. Aplicación para realizar la identificación y eliminación de los solapes	12
7. Líneas de continuación y experiencia personal	12
8. Valoración económica del proyecto.....	12
9. Conclusiones	12
Capítulo 2. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica	13
I. Definición de Sistema de Información Geográfica	13
II. Un poco de historia de los SIG en Internet	14
III. Características y componentes de un SIG	15
1. Hardware	15
2. Software.....	15
3. Datos	16
4. Personal y usuarios.....	18
IV. Diferencias entre un SIG, un CAD y una base de datos	19
Capítulo 3. Introducción a la geodesia	21
I. Concepto de geodesia	21
1. Definición de geodesia	21
2. El geoide y el elipsoide.....	21
II. Sistemas de coordenadas	22
1. Coordenadas Geográficas	22
2. Coordenadas Cartesianas.....	23
3. Coordenadas Proyectadas	23
III. Datum geodésico	23

IV. Proyecciones cartográficas	24
1. Proyecciones equivalentes.....	25
2. Proyecciones conformes	25
Capítulo 4. Descripción de las herramientas de trabajo	28
I. GeoMedia Professional 6.1 de Intergraph	28
1. Descripción de GeoMedia Professional 6.1	28
2. Instalación de GeoMedia Professional 6.1	29
3. Elementos básicos de GeoMedia Professional 6.1	29
4. Análisis de datos	31
5. Fundamentos de trazado	32
6. Captura de datos	32
7. Desarrollo de aplicaciones	33
II. MS Visual Studio 2005	34
1. Microsoft Visual Studio 2005	34
2. .NET Framework	34
3. Common Language Runtime (CLR).....	34
4. Visual Basic .NET	35
Capítulo 5. Descripción del cálculo de expropiaciones a partir de parámetros dados	36
I. Expropiación de la superficie afectada por paso de una cañería de agua	36
1. Introducción de datos	36
2. Los duplicados del catastro	37
3. Los vacíos de catastro.....	40
4. Área de influencia.....	40
5. Realización de un plano-modelo	41
Capítulo 6. Aplicación para realizar la identificación los duplicados y solapes.....	43
I. Pasos preliminares antes del diseño	43
1. Instalación de Visual Studio 2005	43
2. Creación del proyecto con GeoMedia Command Wizard.....	44
3. Instalación de la aplicación.....	44
II. Diseño, codificación y pruebas de la aplicación	45
1. Diseño de la aplicación	45
2. Codificación de la aplicación	45
Capítulo 7. Líneas de continuación y experiencia personal.....	49
1. Desarrollo del procedimiento de eliminación de duplicados parciales	49
2. Aplicación Visual Studio.....	49
Capítulo 8. Valoración económica del proyecto	50
Capítulo 9. Conclusiones	51
1. La valoración del trabajo	51
2. Comentarios sobre <i>GeoMedia Professional 6.1</i>	51
3. Comentarios sobre el procedimiento desarrollado.....	51
4. El progreso del proyecto	52
5. Comentarios sobre contenidos:.....	52
6. Experiencia Personal	52
Glosario.....	53
Bibliografía.....	54
Anexo 1. Código de la aplicación	56

Índice de Figuras

• FIGURA 1. CUADRO DE GESTIÓN DEL PROYECTO (BATALLER DÍAZ, 2008)	9
• FIGURA 2. WEBCAM (FUENTE: CALLEJERO.PAGINASAMARILLAS.ES)	13
• FIGURA 3. XEROX PARC MAPVIEWER (SMITH, 1996)	14
• FIGURA 4. EL FUTURO SATÉLITE GALILEO (FUENTE: ESA)	14
• FIGURA 5. EL CONCEPTO DE LAS CAPAS. (FUENTE: EDGETECH AMERICA, 2009)	15
• FIGURA 6. INTERFAZ DE GEOMEDIA PROFESSIONAL 6.1	15
• FIGURA 7. DATOS VECTORIALES (FUENTE: HAWAII, 2010)	16
• FIGURA 8. DATOS RÁSTER (ORTIZ, 2010).....	17
• FIGURA 9. FRAGMENTO DE <i>GOOGLE MAPS</i>	18
• FIGURA 10. AUTOCAD 2010	19
• FIGURA 11. AUTOCAD MAP 3D. ACCESO DIRECTO A DATOS SIG	20
• FIGURA 12. ANOMALÍAS GRAVITATORIAS DE LA TIERRA (FUENTE: NASA, 2010)	21
• FIGURA 13. SUPERFICIE DE GEOIDE Y ELIPSOIDE (FUENTE: VALCÁRCEL SISO, 2010)	22
• FIGURA 14. REPRESENTACIÓN DE LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE UN PUNTO (FUENTE: VALCÁRCEL SISO, 2010)	22
• FIGURA 15. COORDENADAS PROYECTADAS (FUENTE: ESRI)	23
• FIGURA 16. COORDENADAS CARTESIANAS (FUENTE: TRANSFORMACIONES DE COORDENADAS, 2009)	23
• FIGURA 17 . GEOIDE EGM96, UTILIZADA EN WGS84 (NGA, 2010)	24
• FIGURA 18. VÉRTICE GEODÉSICO DE CERRO PADILLA (GARCÍA-GRANADOS LÓPEZ DE HIERRO, 2006).....	24
• FIGURA 19. PROYECCIÓN DE PETERS. IMAGEN DE (EL MAPA DYNAMIXION, 2008)	25
• FIGURA 20. PROYECCIÓN PLANA (FUENTE: VALCÁRCEL SISO, 2010).....	26
• FIGURA 21. PROYECCIÓN CÓNICA (FUENTE: VALCÁRCEL SISO, 2010)	26
• FIGURA 22. PROYECCIÓN UTM	27
• FIGURA 23. "ORTODROMIA PARTICULAR"	27
• FIGURA 24. VENTANA DE GEOMEDIA PROFESSIONAL.....	28
• FIGURA 25. VENTANA DE CURSO DE APRENDIZAJE	29
• FIGURA 26. ALMACENES (FUENTE: INTERGRAPH)	30
• FIGURA 27. VENTANA DE LEYENDA.....	30
• FIGURA 28. VENTANA DE CONSULTAS	31
• FIGURA 29. OPERADORES.....	31
• FIGURA 30. VENTANA DE COMPOSICIÓN.	32
• FIGURA 31. TABLETA DIGITALIZADORA WACOM	33
• FIGURA 32. ARQUITECTURA <i>.NET FRAMEWORK</i> (IMAGEN DEL DEL SOLE, 2010).....	34
• FIGURA 33. PROGRAMA ESCRITA EN <i>VISUAL BASIC</i> EN <i>VISUAL STUDIO 2005 PROFESSIONAL</i>	35
• FIGURA 34. CONEXIÓN AL CATASTRO	36
• FIGURA 35. CATASTRO.....	37
• FIGURA 36. LAS CLASES DE IDENTIDAD QUE MARCAN LA CAÑERÍA	37
• FIGURA 37. CONSULTA "INTERSECCIÓN ESPACIAL"	37
• FIGURA 38. INTERSECCIONES PARCIALES Y TOTALES	38
• FIGURA 39. DUPLICADOS TOTALES	38
• FIGURA 40. ARREGLAR LOS DUPLICADOS PARCIALES.....	39
• FIGURA 41. UNA PARCELA SIN INFORMACIÓN EN CATASTRO	40
• FIGURA 42. CONSULTA DISCRIPATIVA OFICIAL DE CATASTRO	40
• FIGURA 43. VENTANAS DE MAPA Y DATOS CON INFORMACIÓN DE EXPROPIACIÓN	41
• FIGURA 44. PLANO-MODELO	42
• FIGURA 45. <i>GEOMEDIA COMMAND WIZARD</i>	43
• FIGURA 46. VENTANA DE <i>GEOMEDIA COMMAND WIZARD</i>	44
• FIGURA 47. MENÚ PERSONALIZADO DE LA APLICACIÓN	44
• FIGURA 48. VENTANA DE LA APLICACIÓN	45
• FIGURA 49. LAS PARCELAS SOLAPADAS.....	48

Capítulo 1. Introducción a TFC

En este capítulo se describen las causas que demuestran la necesidad de realización del presente proyecto y las razones por las cuales este proyecto se incluye en el ámbito de los SIG.

Además, se comentan los objetivos marcados, el método seguido para su desarrollo y la planificación de las tareas detallada que se sigue en el afán de conseguir dichos objetivos. Como resultado final se describen los productos obtenidos en la realización de estas tareas.

Para terminar se hace una corta descripción de los capítulos de este documento.

I. Justificación del TFC y el contexto en el que se desarrolla

En la primera parte de este TFC se estudian varios conceptos teóricos que en la segunda parte se aplican en la resolución de un caso práctico de medición y corrección de superficies. Las nociones básicas sobre los SIG y las bases de cartografía que se trabajan en la primera parte del TFC proporcionan la información necesaria para solucionar el problema planteado en el enunciado de este Trabajo de Final de Carrera.

Hoy en día se desarrollan una gran cantidad de proyectos públicos y privados que suelen ocupar amplias extensiones de terreno. A modo de ejemplo se pueden mencionar los proyectos de construcción del AVE, las líneas de alta tensión o las carreteras nuevas. Ya que la realización de dichos proyectos de construcción a menudo requiere la ocupación de terrenos de los particulares, bien sea para las necesidades de construcción o bien para la construcción en sí, según la ley es necesario compensar a los propietarios de los terrenos en función de la superficie ocupada. Para conseguir gran exactitud en dicho cálculo es necesario utilizar un SIG.

Uno de los riesgos habituales en estas situaciones es la duplicación de las entidades, ya que a veces las entidades están aportadas más de una vez (están duplicadas) o presentan incorrecciones en su delimitación (solapes parciales).

Estas anomalías pueden generarse de diferentes maneras. Por un lado, los datos de origen pueden contenerlos desde el inicio, especialmente cuando su origen es gráfico. Por otro lado, es bastante común generar los duplicados en el momento de introducir los datos en el SIG, por ejemplo al incorporar los datos de dos mapas diferentes, que contienen la misma parcela. Desgraciadamente, es imposible detectar estos fallos solamente haciendo una consulta de la base de datos, ya que no hay manera de decir si los datos representan dos parcelas diferentes o es la misma parcela, aunque su área sea idéntica. Por lo tanto, si el duplicado realmente existiera, afectaría el resultado de todos los cálculos realizados con este SIG.

Por tanto, la correcta medición de la superficie ocupada representa un ahorro de dinero importante para el constructor del proyecto, y a su vez una optimización del dinero invertido por el Estado y los contribuyentes.

Este trabajo pretende proporcionar un prototipo de solución para las empresas y administraciones públicas que trabajan en el ámbito de los SIG y están encargadas de hacer mediciones de terrenos aportados para los proyectos de construcción. En el desarrollo de la aplicación se busca obtener un procedimiento que permita detectar estos duplicados y eliminarlos. Se utilizará el lenguaje de programación *Visual Basic 2005 (8.0)* que es un lenguaje de última generación orientado a objetos para el desarrollo de aplicaciones en entorno *Visual Studio 2005*. Además, es uno de los lenguajes de programación más usados para programar aplicaciones en el entorno de *GeoMedia Professional 6.1*.

II. Objetivos del TFC

A continuación se detallan los objetivos generales y específicos.

1. Objetivos Generales

Los objetivos generales perseguidos en el presente proyecto son:

- 1) Conocer las características fundamentales de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- 2) Plantear y resolver problemas con componente geográfica a partir de datos incompletos.
- 3) Reconocer las diferentes operaciones espaciales de los SIG i la su utilidad.
- 4) Desarrollar una pequeña aplicación que permita la resolución de problemas específicos con entidades gráficas.
 - Crear un procedimiento que se centrará en detectar los duplicados
 - Crear un procedimiento que permita la eliminación de los duplicados totales o parciales.

2. Objetivos Específicos

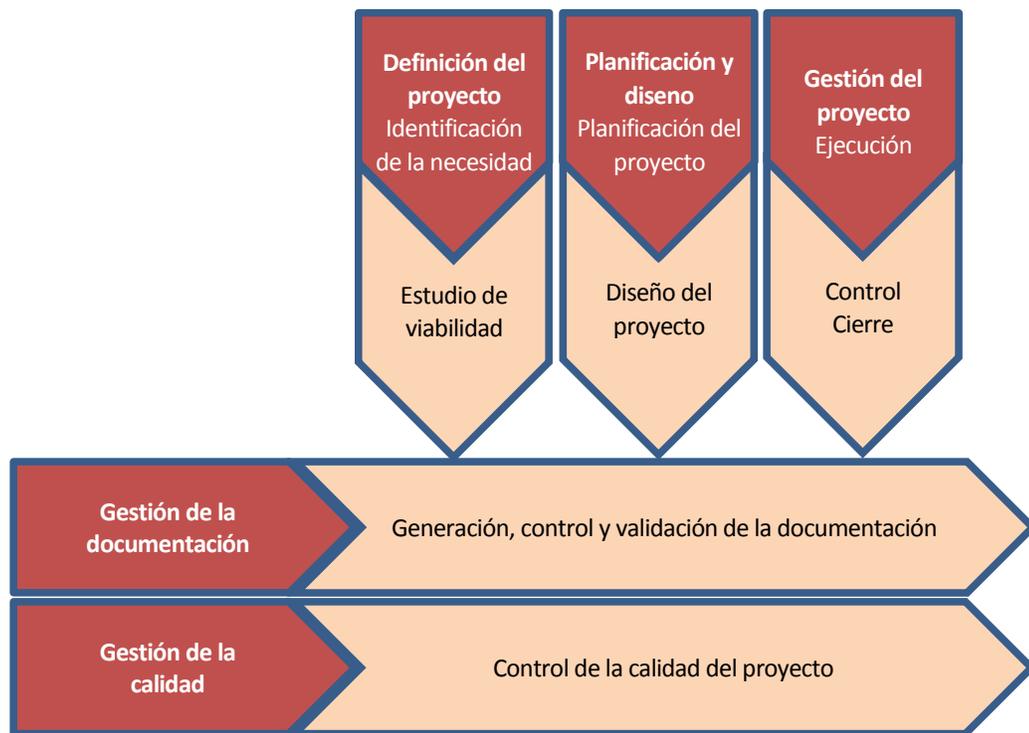
- 1) Conocer *GeoMedia 6.1 Professional* y sus utilidades.
- 2) Aprender a personalizar el entorno de trabajo.
- 3) Adaptar información procedente de fuentes ajenas a los SIG para que pueda ser tratada en este entorno.
- 4) Familiarizarse con los lenguajes de programación que permiten el desarrollo de aplicaciones en los entornos SIG.

III. Enfoque y método seguido

Como se ha dicho en el apartado de justificación del TFC, este trabajo pretende proporcionar una solución para las empresas y administraciones públicas que trabajan en el ámbito de los SIG y están encargados de hacer mediciones de terrenos aportados para los proyectos de construcción.

El método a seguir va a ser el estudio de conceptos teóricos de los SIG, cartografía, geodesia, funcionamiento de *GeoMedia Professional 6.1* y el entorno *Visual Studio* de Microsoft. Basándose en este estudio, en la parte práctica se elaborará una pequeña aplicación que permitirá a una empresa de construcción o a una administración pública eliminar los duplicados totales o parciales en el momento de evaluar las mediciones de expropiaciones de terrenos.

En la parte práctica se pretende seguir los consejos generales presentados en el libro de apuntes “Gestión y desarrollo de proyectos” (Figura 1).



• Figura 1. Cuadro de Gestión del Proyecto (Bataller Díaz, 2008)

A continuación se detallan los diferentes apartados propuestos:

- 1) **Definición del proyecto:** en esta fase se realizan fundamentalmente actividades destinadas a la determinación de las necesidades a cubrir y se estudia la viabilidad del proyecto. Ya que se trata del Trabajo Final de Carrera, que es un trabajo obligatorio, su viabilidad viene supuesta en el enunciado.
- 2) **Planificación y diseño:** en la segunda fase metodológica se define completamente la solución a implantar y se determina la concatenación de actividades a desarrollar.
- 3) **Gestión del proyecto:** en esta fase se llevan a cabo las tareas de seguimiento y control de las actividades programadas. La gestión de las desviaciones permitirá determinar y controlar los impactos del día a día de ejecución en el resultado final.
- 4) **Gestión de la documentación:** elemento horizontal de los proyectos que está dedicado a la definición de la gestión documental (origen, destino y contenido de los documentos a producir y gestionar). La presente memoria se asocia directamente con esta fase.
- 5) **Gestión de la calidad:** conjunto de herramientas que permiten verificar la forma en la que se desarrolla el proyecto y evaluar los resultados.

IV. Planificación del proyecto

Durante el proyecto se han planificado cuatro entregas, que marcan cuatro fases del proyecto. Las entregas tienen definido el contenido que hay que desarrollar y fechas límite de su presentación. Aparte, junto con la elaboración de documento, se estudian los materiales de asignatura: los apuntes y materiales publicados en la web de la UOC. Después de la presentación de la memoria final, tendrá lugar un debate virtual en la web de UOC, donde al autor tendrá que defender el TFC.

V. Calendario de entregas

A continuación se presenta el calendario de entregas del proyecto:

Entrega	Actividades desarrolladas	Fecha de entrega
PAC 1	En la PAC 1 se entrega el plan de trabajo, que define todos los acontecimientos del proyecto	09.03.2010 (borrador 01.03.2010)
PAC2	En la PAC 2 se entrega una síntesis de información del estudio hecho sobre los SIG y Cartografía en forma de la primera parte de la memoria con los siguientes capítulos desarrollados: <ul style="list-style-type: none">• Capítulo 1. Introducción a TFC• Capítulo 2. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)• Capítulo 3. Introducción a la cartografía	13.04.2010 (borrador 03.04.2010)
PAC3	En la PAC 3 se entrega una síntesis de información sobre las herramientas de trabajo y la descripción de cálculo de expropiaciones. Aparte, se desarrollan los siguientes capítulos: <ul style="list-style-type: none">• Capítulo 4. Descripción de la herramienta de trabajo• Capítulo 5. Descripción del cálculo de expropiaciones a partir de unos parámetros dados	18.05.2010 (borrador 08.05.2010)
Entrega final	En la última entrega se incluye la aplicación para realizar la identificación y eliminación de los duplicados, la memoria final del proyecto y la presentación virtual. En esta entrega se acaba el desarrollo de la memoria con los siguientes capítulos: <ul style="list-style-type: none">• Capítulo 6. Aplicación para realizar la identificación y eliminación de los duplicados• Capítulo 7. Líneas de continuación y experiencia personal• Capítulo 8. Valoración económica• Capítulo 9. Conclusiones	7.06.2010 (borrador 27.05.2010)

VI. Productos obtenidos

Al final del desarrollo de este TFC se obtienen los siguientes documentos:

- La presente memoria. En este documento se presentan los conceptos básicos necesarios para entender los SIG y se detalla el trabajo efectuado durante la realización de los programas requeridos para solucionar el problema presentado en el enunciado.
- Presentación virtual de la presente memoria, que usa elementos visuales y gráficos.
- Aplicaciones. Son una serie de comandos generados con *Visual Basic 2005* para *GeoMedia Professional 6.1*, que permiten solucionar los siguientes problemas:
 - Procedimiento que detecta los duplicados totales o parciales;
 - Procedimiento que permite eliminar duplicados totales.

VII. Descripción de los capítulos de la memoria

En esta parte se describen en breve el resto de capítulos de esta memoria:

2. Introducción a los SIG

Los objetivos principales de este TFC son conocer las características fundamentales de un SIG, saber plantear un proyecto SIG y saber utilizar las herramientas del software que proporcionan los SIG para resolver un problema en concreto. En este capítulo introductorio se reúne la información esencial sobre los Sistemas de Información Geográfica y los principales conceptos sobre Geotelemática, la importancia de la información espacial y su lugar en el mundo moderno. Además se comenta de forma breve la historia de los SIG.

3. Conceptos de Cartografía y Geodesia

En este capítulo se manifiestan los principios de un sistema de referencia espacial, los tipos de proyecciones usados en cartografía y se exponen los propósitos de estas proyecciones. Además se discuten los diferentes sistemas de coordenadas y su importancia. Al final se mencionan los elementos de cartografía que se deben tener en cuenta en la representación de la información geográfica.

4. Descripción de la herramienta de trabajo

En este capítulo se procede a presentar el software utilizado para el desarrollo del SIG y de las aplicaciones de apoyo. Se exponen las principales posibilidades de *GeoMedia Professional 6.1* y se especifica la manera de trabajar con este programa. Se hace una especial atención al análisis y captura de datos. Además, se introduce *Microsoft Visual Studio 2005* como el entorno de programación para el desarrollo de aplicaciones.

5. Descripción del cálculo de expropiaciones a partir de unos parámetros dados

Este es el primero de los dos capítulos prácticos del TFC. Se trata del caso real de la expropiación de la superficie afectada por el paso de una cañería de agua. Se puede considerar el más importante del proyecto ya que establece el modo de trabajar y como resultado permite obtener las superficies de expropiación pendientes de depurar.

6. Aplicación para realizar la identificación y eliminación de los solapes

Este capítulo es el segundo de los capítulos prácticos. Aquí se desarrollan las diferentes fases (análisis, diseño, codificación y pruebas) de elaboración de las aplicaciones de identificación y eliminación de los solapes:

- de entidades idénticas;
- de fragmentos de entidad;

7. Líneas de continuación y experiencia personal

En este capítulo se describen las posibles líneas de continuación en el campo de identificación de duplicados totales y parciales tanto desde el punto de vista de trabajo con la interfaz de *GeoMedia Professional 6.1* de manera tradicional, como desde punto de vista de desarrollo de las aplicaciones en *Visual Studio 2005*.

8. Valoración económica del proyecto

En este capítulo se realiza la exploración de la viabilidad económica del proyecto. Se analizan las ganancias que representaría para una empresa o entidad pública la implementación de la solución concebida en este proyecto.

9. Conclusiones

A modo de síntesis final en este capítulo del TFC se expone la valoración del trabajo. Se examina el progreso del proyecto comparando los objetivos marcados con los objetivos conseguidos. Se contemplan las tareas e hitos cumplidos, comentando los mayores logros y dificultades del proyecto.

Capítulo 2. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica

Hoy en día los Sistemas de Información Geográfica se utilizan en todos los aspectos de la vida humana: los navegadores de satélite ayudan en la carretera; los servicios electrónicos de búsqueda fácilmente encuentran los restaurantes y las tiendas; los navegadores web proporcionan las noticias locales, dependiendo de su ubicación; los teléfonos móviles ajustan la hora de acuerdo con el país en que se encuentran, etc. Todos estos sistemas están basados en los SIG.

Entonces, ¿qué es un SIG?

I. Definición de Sistema de Información Geográfica

Un SIG es un sistema de hardware y software para capturar, almacenar, editar, aplicar y hacer todo tipo de manipulaciones con los datos geográficos con el propósito de resolver problemas complejos de investigación, planificación y/o gestión (Wikipedia, Sistema de Información Geográfica, 2010). Los usuarios de los SIG suelen incluir en los SIG no solo el sistema electrónico, sino también el personal que los maneja y los datos que están tratados allí.

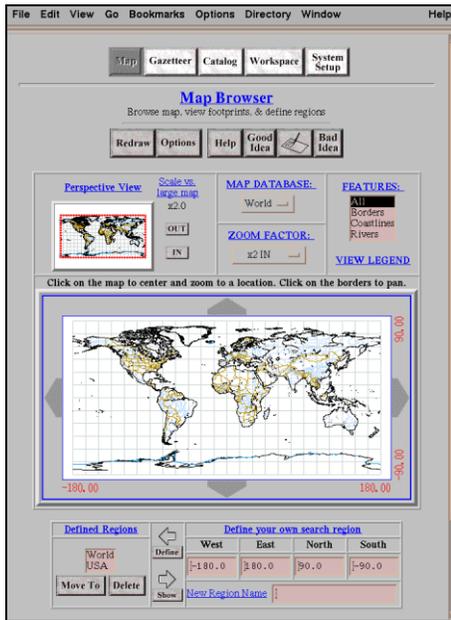
En los SIG los datos alfanuméricos se encuentran asociados a un identificador que representa algún tipo de entidad con datos geográficos. Por ejemplo, los símbolos que podemos ver en la Figura 2, normalmente se refieren a una gasolinera y a una webcam. En un SIG, diferente tipo de información podría estar asociada a la señal de gasolinera: qué tipo de gasolina tiene, a qué compañía pertenece, las horas de apertura, el enlace a su web, etc. De esta manera, indicando al pictograma del objeto se pueden conocer sus atributos e, inversamente, haciendo referencia a un registro de la base de datos se puede saber su localización en el mapa. De la misma manera, al seleccionar el icono de webcam, se puede conseguir ver la imagen actual de la calle Sinesio Delgado de Madrid, en la que está situada. En este caso, la imagen de esta cámara en tiempo real es el atributo de la posición geográfica que está marcada con el símbolo de la webcam.



• Figura 2. Webcam (Fuente: callejero.paginasamarillas.es)

Los SIG a menudo se confunden con los sistemas CAD ("*Computer Aided Design*" que significa "Diseño Asistido por Ordenador (DAO)"). Aunque estos sistemas tienen algunos puntos comunes, se utilizan para propósitos diferentes y han evolucionado desde campos distintos: los CAD son sistemas gráficos avanzados creados para los diseñadores, y los SIG tienen mucho que ver con las bases de datos. En el capítulo "Diferencias entre un SIG, un CAD y una base de datos" se hace un estudio detallado de estos dos conceptos.

II. Un poco de historia de los SIG en Internet



• Figura 3. Xerox Parc MapViewer (Smith, 1996)

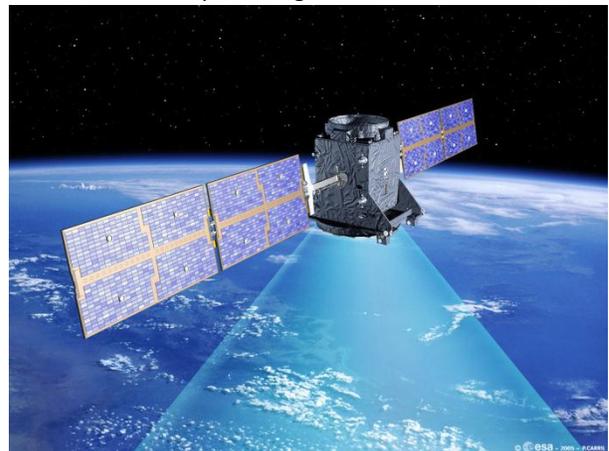
Es muy probable que para muchos usuarios de Internet la fecha de nacimiento de los SIG (y en general de tecnologías espaciales en la red) sea el año 2005, ya que es el momento de la salida al mercado de los productos de la compañía Google. Aunque en realidad, las aplicaciones que asocian la información espacial con bases de datos alfanuméricas habían aparecido mucho antes: las primeras aplicaciones de los SIG habían surgido en los años sesenta del siglo pasado. El año 1993 se considera como año de nacimiento de los SIG creados para el acceso de los simples usuarios de Internet. En ese año apareció el servicio *Xerox PARC MapViewer* (Figura 3), que permitía a los usuarios recibir los fragmentos de los mapas interactivos en formato GIF en tiempo real.

Los primeros SIG a los que se podía acceder desde Internet trabajaban con información local y normalmente muy específica. Por lo tanto, el número de usuarios de estas páginas web no era demasiado grande. Todo cambió con la aparición de la web británica www.streetmap.co.uk, que proporcionaba solo una información básica local pero en todo el territorio del Reino Unido (alrededor de 1998). Este servicio ha tenido un gran éxito: mediante el código postal los usuarios pueden encontrar muy cómodamente un centro comercial, una gasolinera, una casa, etc., y después enviar la ruta hasta este objeto geográfico a

la impresora. Al mismo tiempo, tales líderes de segmento SIG, como Intergraph, decidieron empezar a comercializar el software diseñado para Internet. Desgraciadamente, en aquellos tiempos el ancho de banda de Internet no era suficientemente alto para poder producir información con los SIG de manera adecuada.

El siguiente acontecimiento importante en el desarrollo de los SIG ocurrió en el año 2005, cuando la compañía Google presentó en el mercado los programas *Google Earth* y *Google Maps*. Estos programas han producido auténtica explosión en el mercado y han revolucionado la manera de navegar por Internet. Los claves del éxito han sido la velocidad de procesamiento de datos y navegación sin saltos entre diferentes mapas. Estas dos mejoras han sido posibles gracias al pre-procesamiento de los mapas en lugar de crearlos en el momento de navegar y la utilización de las tecnologías AJAX. (Basado en Dubinin & Kostikova, 2008).

Desde 2005 y hasta el momento los SIG están creciendo a unas velocidades increíbles. Este hecho incluso está afectando positivamente a la industria aeroespacial: si antes los únicos que estaban interesados en los servicios de satélites de observación de la Tierra (*Earth Observing Satellite, EOS*) y teledetección eran los científicos y militares, hoy en día las compañías como Google o Microsoft compran y lanzan los EOS para utilizar los datos desde estos satélites en sus servicios web. Por otro lado, están desarrollándose sistemas de navegación por satélite (*General Navigation Satellite System, GNSS*) mejorados. Los sistemas militares antiguos (*NAVSTAR GPS* americana y *ГЛОНАСС* (Glonass) rusa) reciben señales nuevas que permiten mejorar la exactitud de su triangulación (Gibbons Media, 2010). En cuanto a sistemas nuevos, como el chino *Compass* y el europeo *Galileo* (Figura 4), se podrá hacer la triangulación más rápida y mejorar todavía más la exactitud de mediciones (en el caso de utilizar los receptores que permiten recibir las señales de los 4 sistemas).



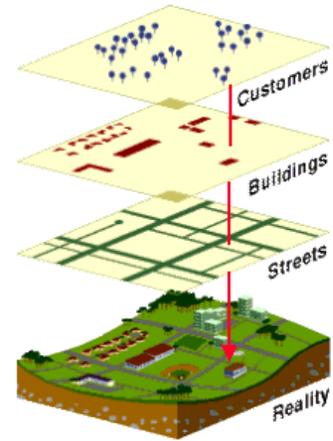
• Figura 4. El futuro satélite Galileo (Fuente: ESA)

III. Características y componentes de un SIG

Los SIG representan la tecnología más avanzada basada en bases de datos que se puede encontrar hoy en día. En efecto, los SIG añaden la inteligencia espacial a las bases de datos tradicionales, integrando las funciones de bases de datos y cartografía y añadiendo las herramientas para analizar las relaciones espaciales entre eventos y/o objetos.

Muy a menudo, la única cosa que algunos acontecimientos tienen en común es su ubicación geográfica. Los SIG integran la información sobre estos acontecimientos usando como indicadores sus localizaciones y agrupando los datos en capas, basados en atributos (Figura 5). Por ejemplo, usando los datos del SIG se puede elaborar el análisis sobre la edad de los habitantes de la zona. Por otro lado, en el análisis alternativo para un estudio sociológico se puede producir un mapa donde saldrán las edades medias de los hombres divorciados sin trabajo y que tienen un piso en propiedad, por ejemplo. (Basado en Edgetech America, 2009)

Los SIG pueden ser diferentes en tamaño y propósito, pero normalmente se componen de los siguientes elementos (Basado en Di Leo, 2002):

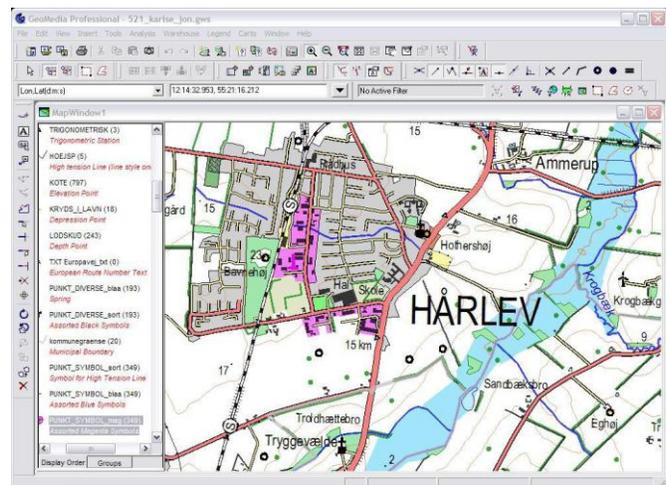


• Figura 5. El concepto de las capas. (Fuente: Edgetech America, 2009)

1. Hardware

El hardware normalmente representa un ordenador desde el cual opera un SIG. Hoy en día, los SIG funcionan en un amplio rango de hardware, desde servidores centralizados hasta ordenadores de sobremesa usados con o sin conexión a la red.

A menudo el hardware específico para un SIG está definido por el fabricante de este SIG. Existe todo tipo de hardware para multitud de aplicaciones, que se diferencian en velocidad, coste, soporte, administración, escalabilidad y seguridad. También, es importante disponer de dispositivos de entrada de datos (digitalizador, escáner, imágenes de satélites) y dispositivos de salida (pantalla, plotter, impresoras, etc.).



• Figura 6. Interfaz de Geomedia Professional 6.1

2. Software

El software SIG proporciona el código necesario para almacenar, analizar, manipular y visualizar información geográfica. Los componentes clave del software son:

- Sistema de gestión de bases de datos (SGBD);
- Herramientas de edición que permitan la introducción y manipulación de información geográfica;

- Herramientas de soporte para hacer consultas, análisis y visualización de los datos geográficos;
- Una interfaz gráfica del usuario (conocida como *GUI*, del inglés “*graphical user interface*”) para fácil acceso a las herramientas.

La tendencia de los últimos años ha sido a la disminución de principales proveedores de programas de SIG. Por otro lado, el software ha mejorado considerablemente desde el punto de vista de facilidad de manejo y de ampliación de posibilidades. Pero el avance más importante se ha producido en el uso e interoperabilidad de los datos en formatos distintos. Los nuevos programas y estándares permiten acceder e intercambiar datos disminuyendo la dependencia de algún software en concreto, como por ejemplo el programa *GeoMedia Professional* (Figura 6), que lee varios formatos distintos.

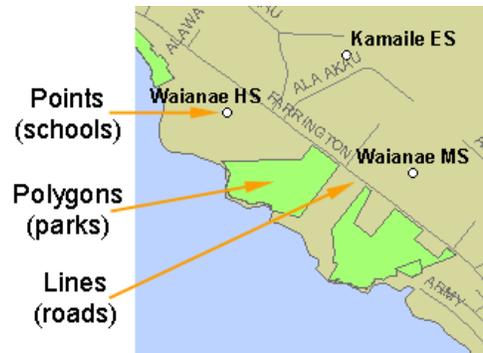
3. Datos

El componente más importante de un SIG son los datos. Los datos pueden ser de tres tipos:

Datos espaciales

Los datos espaciales (posicionales) contienen las ubicaciones y formas de características cartográficas, Este es el tipo de datos necesarios para hacer mapas y estudiar relaciones espaciales. Pueden estar representados en formato vectorial o ráster.

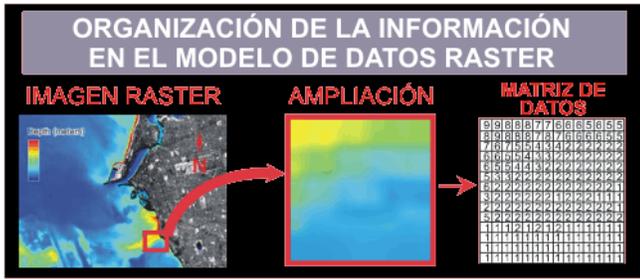
En los SIG, los datos **vectoriales** se puede expresar mediante tres tipos de objetos espaciales: puntos, líneas y polígonos, y se pueden almacenar como una colección de coordenadas (x, y) (Figura 7):



• Figura 7. Datos Vectoriales (Fuente: Hawaii, 2010)

- Puntos – se determinan por las coordenadas terrestres medidas por latitud y longitud. Pueden ser ciudades, cimas de montañas, accidentes geográficos puntuales o hitos, dependiendo de la escala de representación. Un punto puede describirse como una coordenada (x, y).
- Líneas – son objetos determinados por un conjunto de segmentos lineales que conectan una serie de puntos y, por tanto, se representan mediante varios pares ordenados de coordenadas. Debido a la forma esférica de la tierra también se le consideran como arcos. Líneas telefónicas, carreteras y vías de trenes son ejemplos de líneas geográficas. Las líneas pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas (x, y).
- Polígonos (o áreas, o superficies) son objetos que se puede describir mediante las líneas interconectadas que las delimitan, de manera que la coordenada de inicio coincide con la coordenada final. Los ejemplos serían países, regiones o lagos. Las características poligonales pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. (Muñoz Bollas, 2009)

A veces, es más cómodo almacenar datos en formato **ráster**. Esta estructura de datos divide el espacio en una malla de celdas cuadradas que reciben el nombre de píxeles (Figura 8). Los píxeles permiten asociar datos a una imagen; es decir, se pueden relacionar paquetes de información a los píxeles de una imagen digitalizada.



• Figura 8. Datos ráster (Ortiz, 2010)

Las imágenes de satélite, las fotografías aéreas así como los ortofotomapas son ejemplos de datos geográficos almacenados en este formato.

Aunque una carretera es más fácil de representar de manera vectorial que con formato ráster, en algunos casos la elección entre ráster o vectorial dependerá de la precisión que requiere en el análisis. Resulta más sencillo realizar análisis en formato ráster ya que la superposición entre capas siempre es píxel a píxel.

A continuación se comparan los dos tipos de datos (J. Buckley, 2009):

Ventajas	Desventajas
Datos Vectoriales	
<ul style="list-style-type: none"> • Los datos se puede representar en su resolución original sin generalizar • Los mapas producidos se parecen más a los mapas tradicionales (estéticamente más atractivos) • Ya que mayoría de los fuentes ya están en formato vectorial, no hace falta conversión • Se mantienen los datos geográficos en coordenadas originales • La topología se codifica de manera eficiente, lo que facilita los análisis posteriores 	<ul style="list-style-type: none"> • La ubicación de todos los vectores se tiene que guardar individualmente • Para elaborar un análisis adecuado, los datos vectoriales se tienen que convertir en la estructura topológica. Esto requiere mucho tiempo de procesamiento y normalmente necesita "limpieza" de datos previa. Por otro lado, si se producen cambios en los datos, este proceso se tiene que repetir • Difícil de analizar los datos en este formato, lo que normalmente provoca que no se practican análisis extensos • Ciertos tipos de datos continuos, por ejemplo elevación, no se representa bien en formato vectorial
Datos Ráster	
<ul style="list-style-type: none"> • La ubicación geográfica de cada celda se define por la posición en la malla. Por tanto no hace falta guardar ninguna otra coordenada, aparte de la primera • El análisis de datos es simple de programar y rápido en ejecutar • Por su naturaleza, los mapas ráster son adecuados para análisis matemáticos y cuantitativos 	<ul style="list-style-type: none"> • El tamaño de la celda define la máxima resolución de representación • Difícil de representar objetos rectos, por ejemplo líneas. Esto también lleva a dificultades en representación de los enlaces y las conexiones • Ya que cada capa ráster muestra solo un atributo, el análisis de varios atributos necesita la utilización de varias capas, que puede ser muy complejo del punto de vista de procesamiento

<ul style="list-style-type: none"> • Los tipos de datos discretos, por ejemplo usos de las terrenos o elevación, se guarda mejor en formato ráster • Los sistemas de malla resultan muy compatibles con dispositivos de salida ráster: plotters, terminales gráficos, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ya que la mayoría de los datos son vectoriales, es necesario hacer la conversión vector → ráster. Esto requiere tiempo y puede crear ciertos problemas de resolución inadecuada • Muchos datos ráster no pueden producir cartografía de alta resolución
--	--

Datos tabulares

Son los datos descriptivos que representan atributos o valor semántico de los objetos, es decir la inteligencia detrás del mapa. Los datos tabulares se recolectan y compilan para áreas específicas como provincias, ciudades y demás, y normalmente vienen empaquetadas con los datos espaciales.

Los datos tabulares adecuados para el uso de SIG de escritorio incluyen datos frecuentemente almacenados en bases de datos. Algunos de estos datos contienen ubicaciones geográficas, por ejemplo domicilios, coordenadas x,y o lugares con distancias a lo largo de un río donde fueron tomadas muestras. Estas ubicaciones se usan para crear características cartográficas que pueden presentarse y analizarse junto con otros datos espaciales y tabulares.

Datos multimedia (imágenes)

En los últimos años otro tipo de datos se añade a los SIG. Se trata de fotografías hechas por los satélites de teledetección o desde los aviones, que se superponen encima de los mapas vectoriales y sirven como la imagen de fondo (Figura 9). Para poder hacer el análisis de estos datos, se tiene que hacer la conversión imagen → ráster, o imagen → vectorial. En la Figura 9 se puede ver un ejemplo de datos vectoriales superpuestos con una imagen de satélite.



• Figura 9. Fragmento de *Google Maps*

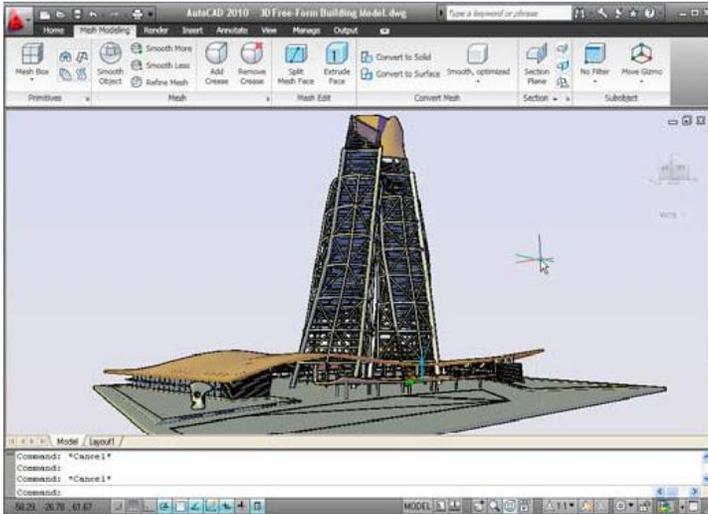
4. Personal y usuarios

Es muy importante mantener los SIG actualizados, ya que las características geográficas del lugar y de los objetos georeferenciados cambian cada día. ¡¿Cuántas veces nos ha pasado, que el navegador GPS nos pide conducir por una calle que no existe?! Por eso una parte muy importante de un SIG es el equipo técnico que los actualiza, mantiene y proporciona el soporte y entrenamiento de los usuarios.

Por otro lado están los usuarios de los SIG, que varían desde los ingenieros y programadores que diseñan las aplicaciones basados en los SIG, hasta aquellos que los utilizan para ayudar a realizar sus tareas diarias, como por ejemplo el usuario de *Google Maps*. Sin ellos, muchos de estos productos no existirían.

IV. Diferencias entre un SIG, un CAD y una base de datos

Los sistemas CAD existen desde finales de los años setenta y constituyen un amplio rango de herramientas computacionales que ayudan a ingenieros, arquitectos y a otros profesionales del diseño en su respectiva labor (Figura 10).



Por otro lado, una **base de datos** es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso (Wikipedia, Base de datos, 2010). Si un SGBD (Sistema de gestión de bases de datos) ejecuta tareas principales de manipulación de datos, como almacenar, editar y visualizar los datos alfanuméricos, un SIG almacena, accede, edita, visualiza, analiza y ejerce todo tipo de manipulaciones con los datos gráficos y alfanuméricos georeferenciados. Además, el capítulo anterior afirma que los SIG están compuestos de hardware, software, datos y personal: en este sentido, un SIG es mucho más que una simple base de datos, pero sí que es una aplicación que utiliza SGBD como uno de sus componentes.

• Figura 10. Autocad 2010

La diferencia entre una CAD clásico y un SIG es todavía más amplia. Básicamente, se puede asociar a la diferencia entre un dibujo y una base de datos espacial. Las diferencias más importantes son los siguientes:

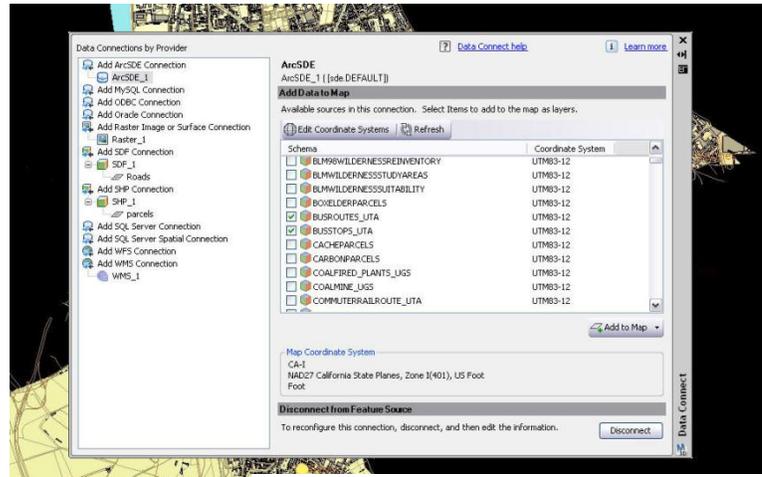
- Un sistema CAD modela los **objetos**, y un SIG modela el **mundo real**. Para empezar, el SIG utiliza los sistemas de **coordenadas geográficas** y proyecciones de mapas; en cuanto a CAD, tiene sus propias **coordenadas relativas** que no necesariamente tendrán relación con su localización mediante un sistema de referencia.
- CAD no utiliza la **topología**. La topología, que es la ciencia que describe cómo líneas y polígonos se conectan y se relacionan entre ellos, forma la base para las funciones avanzadas de los SIG, como por ejemplo los análisis espaciales. Los objetos que usa CAD pueden ser los mismos que usa un SIG, pero en un CAD ellos no saben la existencia de otros objetos, incluso cuando se cruzan o se tocan. En cambio, gracias a la topología, los objetos en un SIG tienen constancia sobre la existencia de otros objetos:
 - Un SIG entiende el concepto de redes: las líneas de metro se relacionan entre ellas con las estaciones donde se puede cambiar de una línea a otra;
 - Los polígonos en un SIG se relacionan con otros polígonos (por ejemplo, en el mapa de regional de España, el polígono que representa a Aragón se toca con el polígono que representa a Cataluña; por tanto estos dos polígonos comparten sus respectivos márgenes);
 - Un SIG entiende conectividad, conductividad y asociaciones. Esto permite hacer el análisis espacial.

La topología establece relaciones lógicas entre los objetos para que formen representaciones del mundo real. Las posibles tipos de topología:

- Topología de nodos (conjunto de puntos) permite obtener la distancia entre objetos usando el análisis espacial;

- Topología de redes (conjunto de líneas) permite modelar la dirección y encontrar el camino más corto;
- Topología de polígonos permite hacer el estudio de relaciones entre ellos.

c) Con relación al manejo de los datos, los SIG separan el almacenamiento de los datos de los objetos de visualización. Por tanto los SIG son capaces de combinar los datos de varias fuentes para hacer una representación o análisis



• Figura 11. AutoCAD Map 3d. Acceso directo a datos SIG específicos según los parámetros requeridos en cada momento. En los formatos de fichero de CAD clásicos (DWG, DGN), los atributos de los objetos no se puede almacenar. (Basado en Regan, 2009).

Pese a todas las desventajas de almacenar los mapas en formato CAD, existe mucha cartografía en este formato. Por ejemplo *l'Institut Cartogràfic de Catalunya* suministra la base topográfica de Cataluña en formato CAD.

Ya que una funcionalidad muy solicitada por los usuarios es poder extraer datos SIG en formato CAD, muchos programas hoy en día permiten exportar información SIG a ficheros CAD.

Por otro lado, las nuevas herramientas CAD permiten acceder a los datos SIG (Figura 11). Por ejemplo el sistema AutoCAD Map 3D puede leer varios formatos de datos de SIG, usarlos y exportar resultados. De todas maneras, en general sigue siendo una solución CAD.

El resumen de las características más importantes de las bases de datos, los SIG y los CAD se puede ver en la siguiente tabla:

SGBD	<p>Ejecuta tareas principales de manipulación de datos, como almacenar, editar y visualizar los datos alfanuméricos.</p> <p>No distingue los datos georeferenciados</p>
CAD	<p>Asiste en la creación de los modelos gráficos para ingeniería</p> <p>Utiliza su propio sistema de coordenadas relativas que no necesariamente tendrá relación con el mundo real</p> <p>No entiende relación entre los objetos en el dibujo</p> <p>Graba todo en el mismo fichero</p> <p>Visualiza lo que está almacenado</p> <p>Últimas versiones pueden acceder a datos SIG transformados</p>
SIG	<p>Ejerce todo tipo de manipulaciones con los datos gráficos y alfanuméricos georeferenciados</p> <p>Utiliza los SGBD como una parte de su estructura</p> <p>Usa sistemas de coordenadas geográficas</p> <p>Usa topología: entiende la relación entre los objetos en el mapa</p> <p>Son capaces de combinar los datos de varias fuentes para hacer una representación o análisis específicos según los parámetros requeridos en cada momento</p> <p>Pueden acceder a los datos CAD</p>

Capítulo 3. Introducción a la geodesia

Los sistemas modernos de información geográfica se basan en los éxitos producidos en otros campos de la ciencia y la tecnología. Ya ha sido mencionado el importante papel de la informática en este campo: gracias a ella ahora es posible la existencia de los SIG. En este capítulo se habla sobre otra ciencia mucho más antigua que sirve de base para los SIG.

I. Concepto de geodesia

Cuando uno mira la Tierra desde el espacio, siempre le asombra que el planeta es extremadamente grande, azul, brillante y redondo. Desgraciadamente, los resultados de esta observación son en su mayor parte erróneos. Primero, comparando con objetos típicos en el Universo, la Tierra es muy pequeña y no es nada brillante, ya que existen millares de objetos mucho más grandes y brillantes. El color azul solo es un efecto del reflejo de la luz del Sol en el agua de los océanos. Y lo peor de todo, que según la ciencia que estudia la redondez de la Tierra, nuestro globo no es nada redondo.

1. Definición de geodesia

El objeto de la geodesia es el estudio y determinación de la forma y dimensiones de la Tierra, de su campo de gravedad, y sus variaciones temporales. Otro de los apartados de estudio de la geodesia especialmente importantes es la determinación de la posición de puntos sobre superficie del planeta. Esta definición incluye la orientación de la Tierra en el espacio (Lerma, 2010).

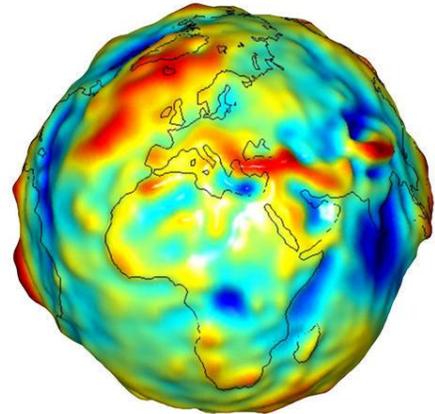
Los objetivos principales de esta ciencia definen las ramas de la geodesia:

- **La Geodesia Teórica** considera como su interés principal el estudio del campo gravitatorio: determinación del campo de gravedad de la Tierra y su variación en el tiempo.
- El área de la Geodesia que trata de la definición local o global de la figura terrestre generalmente se llama **Geodesia Física**.
- La **Geodesia Cartográfica** (o **matemática**) estudia la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre.

2. El geoide y el elipsoide

Como se puede ver en la Figura 12 la dirección del campo gravitatorio de la Tierra es irregular, muy compleja y cambiante con el tiempo. La dirección de la fuerza de la gravedad en un punto está afectada por la rotación de la Tierra, la distribución de los elementos dentro de la Tierra, por las masas del Sol, de la Luna y de los otros

• Figura 12. Anomalías Gravitatorias de la Tierra (Fuente: NASA, 2010)



planetas. Debido a que mayor parte de la superficie del planeta está ocupada por océanos, la forma de la Tierra también es irregular y está condicionada por muchos factores: la fuerza gravitatoria, la presión de la radiación solar, su composición viscosa, etc. Aparte, este perfil varía con el tiempo de modo dinámico. Por lo tanto, se usa una representación simplificada de su forma para poder trabajar con ella. Los modelos de la Tierra que se usan son el geoide y el elipsoide (Basado en Muñoz Bollas, 2009).

El geoide

El geoide es un cuerpo que corresponde a la forma teórica de la Tierra, tal como resultaría si los continentes estuviesen nivelados con los mares. Tiene la forma casi esférica aunque con un ligero achatamiento en los polos (esferoide) y está definido por la superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre que coincide con el nivel medio del mar.

El elipsoide

El geoide es un cuerpo muy raro, con el cual resulta difícil de trabajar. Por lo tanto, existe otro modelo matemático más simple, que es el elipsoide. En geodesia se usa un elipsoide de revolución, cuya superficie se genera por una elipse que gira alrededor de uno de sus dos ejes de simetría. A veces se le da el nombre de esferoide, ya que la Tierra está aplastada por los polos, como el resultado de su revolución.



• Figura 13. Superficie de Geoide y Elipsoide (Fuente: Valcárcel Siso, 2010)

Para poder usarlos en cartografía, las superficies de geoide y elipsoide han de coincidir lo máximo posible (Figura 13). Por lo tanto, para cada parte de la Tierra se usan los elipsoides locales.

II. Sistemas de coordenadas

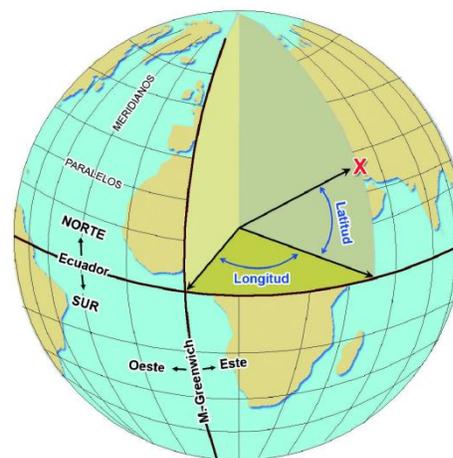
Un sistema de coordenadas es una creación humana que permite la definición de la posición de un objeto relativo a otros objetos y al centro de coordenadas. Hay múltiples opciones para definir analíticamente la situación geométrica de un elemento, por lo tanto, existen diferentes sistemas de coordenadas.

Los sistemas de coordenadas más utilizados para representar la superficie de la Tierra son coordenadas geográficas, coordenadas cartesianas y coordenadas proyectadas.

1. Coordenadas Geográficas

Las coordenadas geográficas utilizan una superficie esférica tridimensional para definir las localizaciones sobre la superficie terrestre. En este sistema cualquier punto sobre la superficie terrestre se determina con dos ángulos medidos desde el centro de la Tierra, que se llaman latitud y longitud (Figura 14). La longitud de un punto es el ángulo medido a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra.

• Figura 14. Representación de las Coordenadas Geográficas de un punto (Fuente: Valcárcel Siso, 2010)



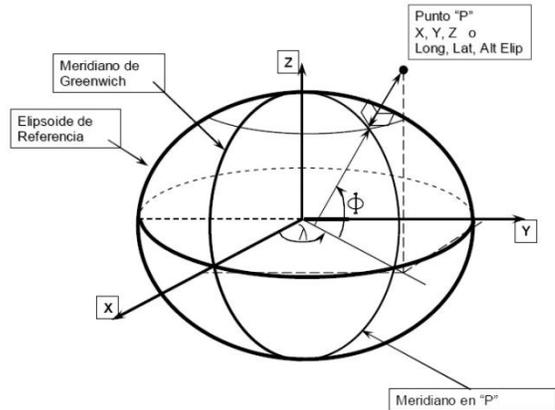
Las líneas verticales de igual longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos. La longitud se mide con respecto a un meridiano principal, que es el meridiano de Greenwich (longitud cero).

La latitud de un punto es el ángulo medido desde el centro de la Tierra hacia el norte, entre el ecuador y la posición de un punto sobre la superficie terrestre. Las líneas horizontales de igual latitud se llaman paralelos. Se toma el ecuador terrestre como la línea de latitud cero (Muñoz Bolas, 2009).

2. Coordenadas Cartesianas

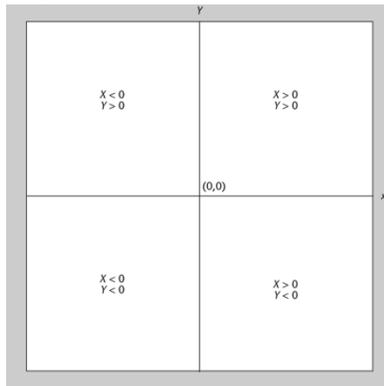
En este sistema de coordenadas una posición se define en un espacio tridimensional por las coordenadas (x, y, z) (Figura 16). Los ejes de coordenadas se determinan de la forma siguiente:

- El eje Z pasa por el centro de la Tierra y por los polos.
- El eje X pasa por el centro de la Tierra y por el meridiano principal de Greenwich.
- El eje Y forma un ángulo de 90° con los otros dos ejes.



• Figura 16. Coordenadas Cartesianas (Fuente: Transformaciones de coordenadas, 2009)

• Figura 15. Coordenadas Proyectadas (Fuente: ESRI)



3. Coordenadas Proyectadas

Un sistema de coordenadas proyectadas está definido en una superficie plana, de dos dimensiones (Figura 15). En este sistema, las localizaciones son identificadas por coordenadas x, y en una cuadrícula, con origen al centro de dicha cuadrícula. Cada posición tiene dos valores que la referencian a la localización central. Un valor especifica la posición horizontal y el otro valor la posición vertical. Los dos valores son llamados coordenada X y coordenada Y. Al utilizar esta notación las coordenadas en el origen son $X = 0$ e $Y = 0$. (China, 2002)

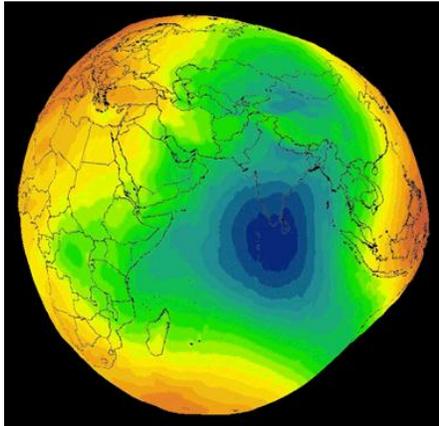
III. Datum geodésico

En geodesia, para definir las coordenadas de cualquier punto de la tierra es necesario establecer unos datos iniciales, mediante los cuales se puede fácilmente derivar el resto de las coordenadas. A ese grupo de datos se le conoce como datum. Por lo tanto, podemos decir que el datum es, por un lado, un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre en base a los cuales se toman las medidas de la posición y, por otro, un elipsoide de referencia para definir el sistema de coordenadas geográfico. (Basado en Wikipedia, Datum, 2010).

Para crear el datum geodésico se necesitan los dos elementos siguientes que permiten fijar un punto en el espacio tridimensional:

- Un **elipsoide de referencia** que coincida al máximo con el geoide de la zona donde queremos hacer el datum. En este cálculo se utilizan la dimensión y forma del elipsoide, expresados como los valores de sus semiejes, y el factor de aplanamiento.

- Un **punto fundamental** en el que el geoide es tangente al elipsoide. Se debe especificar la longitud, latitud y acimut de la dirección establecida de este punto.



• Figura 17 . Geoide EGM96, utilizada en WGS84 (NGA, 2010)

En geodesia se utilizan dos tipos de datum, el vertical y el horizontal.

El datum horizontal se utiliza para describir un punto sobre la superficie terrestre. Para ello, se escoge un punto en el que las superficies del elipsoide de referencia y el geoide sean tangentes.

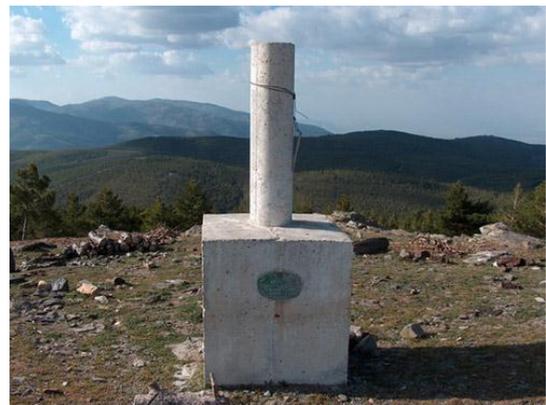
El datum vertical mide elevaciones o profundidades. Normalmente la superficie de referencia es el geoide, y las elevaciones son ortométricas.

En España, el datum que se utilizaba hasta julio de 2007 era el datum europeo de 1950 o datum de Potsdam, que se conoce con el nombre de ED50 (European Datum 1950). El elipsoide que se utilizaba junto con ED50 era el internacional de Hayford de 1924.

Desde julio de 2007, tanto en España como en el resto de Europa está en vigor el nuevo datum ETRS89 (*European Terrestrial Reference System 1989*, Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989), y la cartografía oficial se basa en el elipsoide local GRS80 (*Geodetic Reference System 1980*, Sistema de Referencia Geodésico 1980). De todas maneras, el antiguo ED50 todavía se seguirá usando ampliamente hasta que toda la documentación sea convertida al ETRS89. (Muñoz Bolas, 2009) .

A nivel mundial existe una tendencia a introducir el datum global en lugar del local. Hoy en día el datum más utilizado es *World Geodetic System 1984* (WGS 84, Sistema Geodésico Mundial 1984), que es el datum basado en el elipsoide global que sólo tiene un desvío de dos centímetros del centro de las masas de la Tierra y que, por tanto, facilita geodesia, cartografía y navegación a nivel mundial. El geoide utilizado en WGS 84 es EGM96 (Figura 17). Este datum ha sido actualizado en el año 2004 y estará vigente hasta finales del año 2010. Esto explica que WGS84 sea el datum que utiliza sistema de posicionamiento global GPS y el futuro sistema Galileo. El datum que usa el sistema de posicionamiento ruso Glonass es el PZ-90 (*“Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90)”*, Parámetros de la Tierra de 1990), que también es el datum global geocéntrico. (NGA, 2010) y (SPB Tecnicum de Geodesia y Cartografía, 2008)

Por otro lado, a partir del datum se construyen las redes geodésicas que están formadas por un conjunto de puntos del territorio, llamados vértices geodésicos, de los que se ha medido con gran precisión el emplazamiento, y que se materializan sobre el terreno con hitos o señales (Figura 18).



• Figura 18. Vértice Geodésico de Cerro Padilla (García-Granados López de Hierro, 2006)

IV. Proyecciones cartográficas

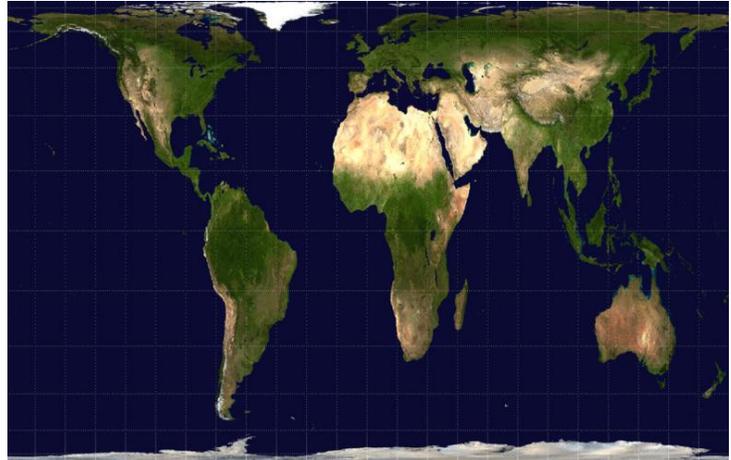
En la vida cotidiana por comodidad se usan los mapas planos desplegados o en forma de atlas en lugar del globo esférico, ya que es tremendamente complicado llevar el modelo del planeta a todos los lados. Por tanto, existen varias maneras de proyectar los puntos geográficos de la superficie esférica en la superficie

plana. La idea principal es disminuir las deformaciones que se producen en el proceso. De esta manera, se diferencian la proyección equivalente y la proyección conforme.

1. Proyecciones equivalentes

En las proyecciones equivalentes se busca mantener las mismas proporciones de las diferentes áreas de la Tierra. Para conseguir esta equivalencia, hay que deformar los ángulos originales entre meridianos y paralelos.

Las proyecciones equivalentes suelen utilizarse en mapas temáticos que muestran la distribución de variables como la densidad de población, la superficie agrícola, las áreas forestales, etc.



• Figura 19. Proyección de Peters. Imagen de (El Mapa Dymaxion, 2008)

Una proyección famosa es la proyección de Peters (Figura 19), que proporciona una igualdad de superficies en todo el planeta. (Muñoz Bollas, 2009).

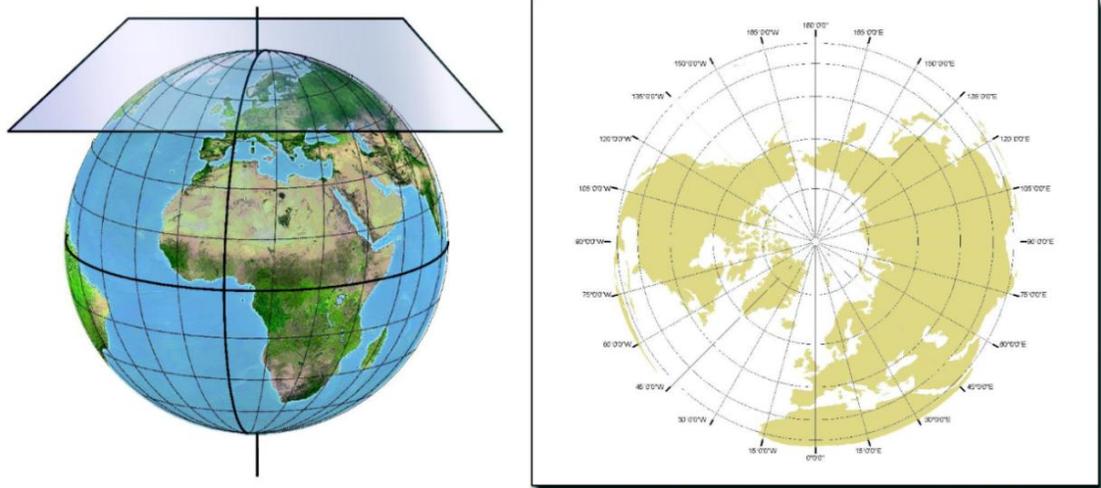
2. Proyecciones conformes

Las proyecciones conformes se caracterizan por mantener la forma de la superficie que se muestra en el mapa. La condición para que un mapa sea conforme es que meridianos y paralelos se corten en ángulo recto tal como pasa en el globo terráqueo. Esta proyección no distorsiona las relaciones angulares, pero sí distorsiona mucho el tamaño de las superficies cartográficas. Por lo tanto, las superficies conservan en el mapa la forma que tienen en la superficie terrestre, pero las zonas lejanas del centro de la proyección se muestran más grandes de lo que realmente son.

Un ejemplo de proyección conforme es la proyección Mercator.

Las proyecciones conformes pueden ser distintas, pero suelen ser variantes de alguna de éstas:

Acimutal o Plana

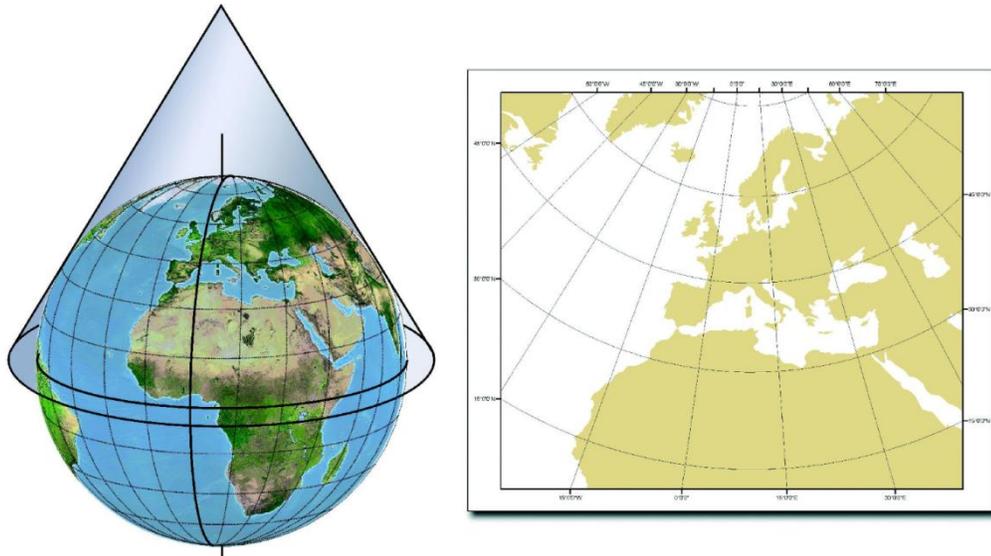


• Figura 20. Proyección Plana (Fuente: Valcárcel Siso, 2010)

En las proyecciones planas, una porción de la superficie de la Tierra se transforma desde la perspectiva de un punto en una superficie plana (Figura 20).

Cónica

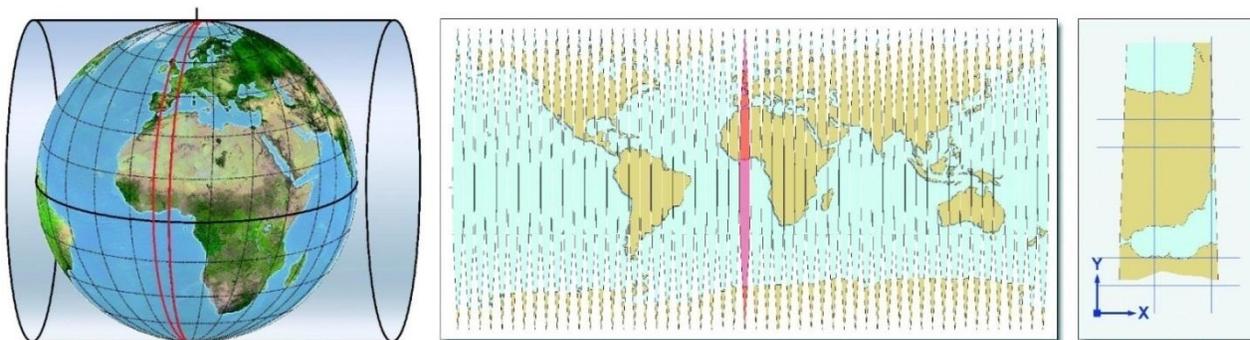
En una proyección cónica, la Tierra se visualiza proyectada en un cono tangente, tomando el vértice en el eje que une los dos polos (Figura 21). Para visualizarlo de forma plana, hay que cortar el cono longitudinalmente. Los paralelos se representan mediante arcos circulares concéntricos que aumentan a medida que se acercan al ecuador, y los meridianos mediante líneas rectas en forma radial.



• Figura 21. Proyección Cónica (Fuente: Valcárcel Siso, 2010)

Cilíndrica

En el caso de proyección cilíndrica, la Tierra se visualiza en un cilindro tangente, el cual se corta longitudinalmente para visualizarlo de forma plana. La mayoría de las proyecciones cilíndricas se derivan de tal manera que el cilindro toca el globo terráqueo en el ecuador. Otra posibilidad sería una proyección cilíndrica donde el cilindro toca al globo en uno de los meridianos. Un buen ejemplo de la última sería la proyección transversal de Mercator, que se usa muy a menudo para representar el Mapamundi.

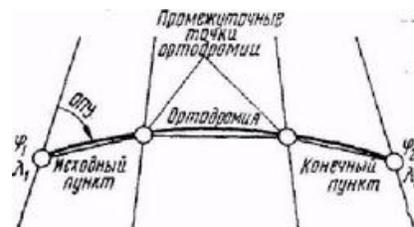


• Figura 22. Proyección UTM

La proyección Mercator suele llamarse Proyección UTM de sus siglas en Inglés (Universal Transverse Mercator, UTM). Para crear la proyección UTM, se da una vuelta entera al cilindro sobre el cual se genera la proyección alrededor del globo, como se ve en la Figura 22. De este modo, se cartografían todas las zonas de la Tierra y no sólo las que estén próximas al ecuador. El problema de este método es que así se consiguen las zonas sin o casi sin distorsión solo dentro de la estrecha zona vertical al lado de los meridianos de tangencia y cerca del ecuador. Por eso, en el típico Mapamundi Groenlandia parece ser tan grande como África, aunque realmente África tiene superficie 14 veces más grande que Groenlandia.

Una importante ventaja de esta proyección es que permite representar las líneas del curso constante (loxodromias) como líneas rectas en la proyección. Por eso, la proyección UTM ha sido aceptada como el estándar en navegación desde tiempos coloniales. Otra razón por la que estos mapas obtuvieron mucho éxito era el modelo Europa-céntrico del mundo. Para los que viajaban desde Europa hacia el nuevo mundo por las zonas cercanas al ecuador, no tenía gran importancia la deformación que poseían estos mapas (Wikipedia, Mercator projection, 2010).

Las proyecciones Mercator no se emplean habitualmente en aeronavegación porque presentan ciertos inconvenientes de representación para tales usos, excepto en algunos países como Rusia y Canadá, donde la extensión lateral o meridional de los territorios ya sugiere que sería más adecuado usar las cartas Mercator. De hecho, en la antigua URSS se creó todo un sistema de navegación, denominado NVU que emplea lo que se conoce como "ortodromia particular" ("Частная ортодромия", Figura 23) en vez de la loxodromia común de las cartas aeronáuticas más habituales. El resultado es que con los mismos instrumentos, un piloto no obtendrá los mismos resultados empleando cartas ortodrómicas o loxodrómicas. (Basado en Edronkin, 2009).



• Figura 23. "Ortodromia Particular"

Capítulo 4. Descripción de las herramientas de trabajo

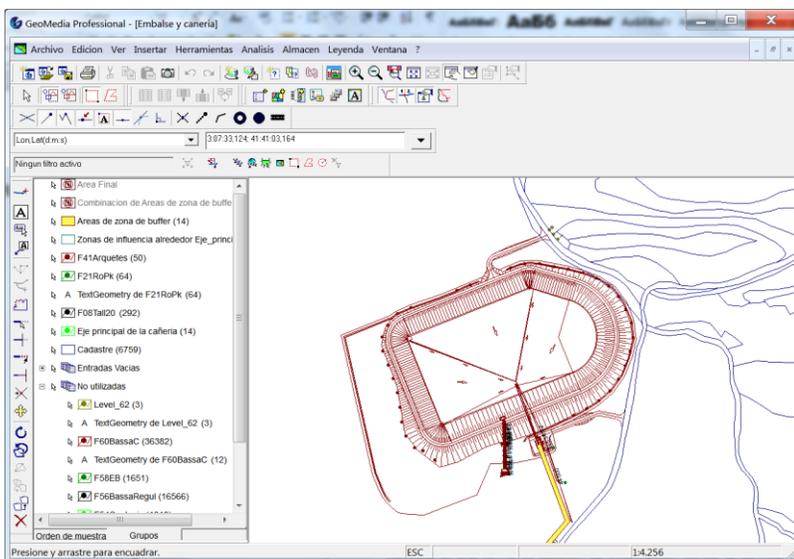
En este capítulo se procede a presentar el software utilizado para el desarrollo del SIG y de las aplicaciones de apoyo. Se exponen las principales posibilidades de *GeoMedia Professional 6.1* y se especifica la manera de trabajar con este programa. Se hace una especial atención al análisis y captura de datos. Además, se introduce *Microsoft Visual Studio* como el lenguaje de programación para el desarrollo de aplicaciones.

I. GeoMedia Professional 6.1 de Intergraph

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

1. Descripción de GeoMedia Professional 6.1

Un elemento fundamental de la construcción de un SIG y del manejo de los datos georeferenciados es el software específicamente desarrollado para este fin. Uno de los programas más adecuados y más empleados en el mercado hoy en día es *GeoMedia Professional 6.1*, producida por la compañía norteamericana Intergraph Corporation (Figura 24).



• Figura 24. Ventana de Geomedia Professional

transformar la información en mapas acabados y precisos para su distribución y presentación.

GeoMedia (se utilizará para referirse a *GeoMedia Professional 6.1*) procede de la muy conocida tecnología *Jupiter*, que Intergraph había desarrollado a mediados de los 90 y que representa una arquitectura de componentes de software basados en *Microsoft's Component Object Model*. *Jupiter* trajo la mayor productividad, mejora del rendimiento, reducción del coste de desarrollo de aplicaciones y mayor flexibilidad para los usuarios.

GeoMedia Professional 6.1.6 es la última versión del programa que había aparecido en el agosto de 2009 y es un SIG empresarial para los sistemas operativos *Windows® XP*, *Windows Vista®* o *Windows 7* de 32 o 64 bits. *GeoMedia* sirve para recoger datos de SIG, rellenar una base de datos y

GeoMedia dispone de varias herramientas de análisis y permite combinar datos geográficos de distintas fuentes, en formatos diferentes y con proyecciones de mapas distintas. Todo ello se agrupa en un espacio de trabajo denominado *Geoworkspace* que permite realizar consultas complejas con datos espaciales de distintas procedencias y crear numerosas vistas de mapas profesionales. Además, *GeoMedia* permite imprimir las vistas de mapas en una sola hoja y agregar bordes, notas al margen y otros detalles de acabado. En el apartado “*El GeoWorkspace*” del de capítulo “Elementos básicos de *GeoMedia Professional 6.1*” habla más de la dicha herramienta.

Como herramienta de captura y mantenimiento de datos, *GeoMedia* permite capturar los datos vectoriales a partir de imágenes ráster, la digitalización con los dispositivos de entrada y la transformación de geometría.

Además, *GeoMedia* dispone de herramientas de la detección automática de errores y herramientas de etiquetado. El capítulo “Análisis de datos” describe más en detalle esta funcionalidad

GeoMedia es un entorno de desarrollo de software que se puede personalizar con herramientas populares de desarrollo de *Windows*, como *Microsoft Visual Basic* y *Visual C#* que se expliquen más en detalle en apartado “Desarrollo de aplicaciones” de este capítulo y en capítulo II. “MS Visual Studio 2005”. (Basado en Intergraph, 2008).

2. Instalación de GeoMedia Professional 6.1



• Figura 25. Ventana de curso de aprendizaje

Para la instalación de *GeoMedia Professional 6.1* es necesario disponer de un ordenador que usa un sistema operativo *Windows XP* o más nueva y ser un usuario con derechos de administrador del sistema. Además, para su funcionamiento, *GeoMedia* requiere la presencia de *Microsoft® .NET Framework* versión 2.0 o más nuevas.

En el caso si el usuario quiere utilizar bases de datos tendría que tener instalados ciertos módulos: los controladores de *ODBC (Open Database Connectivity)* y en el caso de utilizar el servidor de datos *Oracle® Relational*, se debe instalar el cliente *Oracle®*.

La instalación de *GeoMedia* es un proceso simple y rápido. En los casos habituales, la instalación se acaba en 10 minutos y no necesita supervisión adicional, aparte de la indicación de los caminos de instalación. El programa-instalador determina con exactitud todos los detalles del sistema operativo y configura correctamente el software.

El programa *GeoMedia Professional* necesita una licencia para su funcionamiento. No obstante, mientras se tramita la licencia, Intergraph permite usar el programa sin licencia durante 30 días. Las licencias se basan en el número de identificación del ordenador (“Host ID”) que se calcula a base del hardware del sistema. Por lo tanto, una licencia solo funciona con un ordenador en concreto.

Hay varios documentos útiles que se distribuyen junto con el programa. Aparte de diferentes manuales, tales como por ejemplo el manual de instalación, manual de usuario o manual de programación, existe un documento de gran ayuda para cualquier persona que arranca este programa por primera vez: “Aprendizaje de *GeoMedia Professional*” (Figura 25). En este tutorial práctico, los creadores del programa explican paso a paso los diferentes elementos y funciones de *GeoMedia*.

3. Elementos básicos de GeoMedia Professional 6.1

El GeoWorkspace

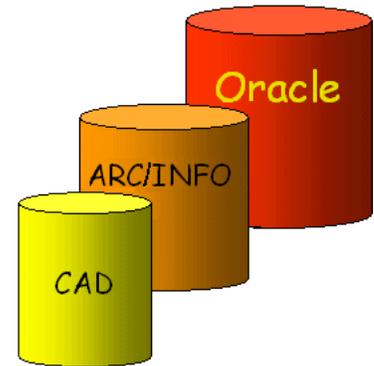
Un *GeoWorkspace* es un archivo principal de *GeoMedia* que define el contexto del programa. Dentro de su ámbito se encuentran y se visualizan los datos procedentes de las conexiones a los almacenes de datos geográficos y se presentan en forma de mapas y tablas. Además dentro de *GeoWorkspace* se encuentra la leyenda, las ventanas de composición, las barras de herramientas, la información del sistema de coordenadas y las consultas que se hayan creado.

Una vez iniciado el *GeoWorkspace*, se puede configurar para adecuarlo a las preferencias del usuario, modificar su sistema de coordenadas, establecer conexiones a almacenes, ejecutar consultas, visualizar los datos y realizar análisis espaciales. La configuración queda archivada al guardar el *GeoWorkspace* y se restaura la siguiente vez que se abre.

En *GeoMedia*, los datos que se manejan se agrupan en clases de entidades y junto con las imágenes, los resultados de las consultas y las visualizaciones temáticas se llaman genéricamente entidades.

Almacenes

En *GeoMedia*, los datos geográficos se guardan en almacenes (Figura 26). Para acceder a un almacén hay que crear una conexión desde el *GeoWorkspace*. Siguiendo la ideología de Intergraph de ser un software SIG formato-independiente, *GeoMedia* no tiene su propio almacén. A cambio, *GeoMedia* utiliza un fichero de datos de *MS Access* .mdb por defecto, pero también puede usar otros almacenes para guardar los datos (Intergraph, 2002). Además, el programa puede leer muchos más formatos de datos georeferenciados y datos CAD. Entre los más importantes están *ArcView*, *Access*, *MGE Segment Manager (MGSM)*, *ARC/INFO*, *ODBC Tabular*, *Modelo de objetos de Oracle*, *CAD (AutoCAD, MicroStation/IGDS)*, *Servidor SQL*, *FRAMME*, *Geomedia SmartStore*, *MapInfo*, texto, *Entorno Modular GIS (MGE)*, *MGE Data Manager (MGDM)* y otros. Puesto que los datos no se almacenan en el fichero del *GeoWorkspace*, todas las secuencias de operaciones necesitan al menos una conexión con un almacén.



• Figura 26. Almacenes (fuente: Intergraph)

Un almacén guarda la información geométrica (vectorial o ráster) y de atributos. Por ejemplo, una parcela puede estar representada por la geometría de un área y definida por atributos como el nombre del propietario y la fecha en que se compró. Estos dos tipos de información se pueden representar en la ventana de mapa (información geométrica) o en la ventana de datos (atributos). Se puede abrir varios mapas y ventanas de datos a la vez. Ya que las ventanas están vinculadas, los cambios realizados en una se reflejan en la otra de manera automática.

Una vez conectado con almacenes de datos, se puede ver y analizar los datos que contienen. El programa permite ver varios conjuntos de datos de diferentes almacenes en diversos formatos en un único *GeoWorkspace*. Esto significa que puede realizar análisis espaciales de datos de distintas fuentes en formatos diferentes mediante las zonas de influencia, consultas espaciales y visualizaciones temáticas. Tanto estos datos como el resultado de los análisis se pueden copiar al almacén asociado con el presente *GeoWorkspace* para poder mantener todos los datos relevantes en un sitio y no cambiar los datos originales. (Intergraph, 2008)

La leyenda

La parte más importante del *GeoWorkspace* es la leyenda (Figura 27). La leyenda es una especie del centro de control de visualización de *GeoMedia*. Para poder visualizar la geometría en la ventana de mapa, hay que agregar entradas a la leyenda, que pueden proceder de diferentes almacenes o ser el resultado de consultas.



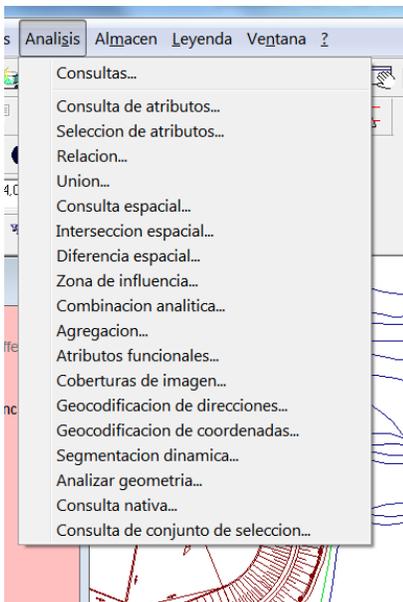
• Figura 27. Ventana de leyenda

Mediante la leyenda, se puede rellenar el contenido de la ventana de mapa y se pueden controlar las características de visualización de las entidades, tales como colores, estilo, capas de visualización y otros. (Intergraph, 2008)

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 tres tipos de sistemas de coordenadas: geográfico, proyectado y geocéntrico y permite fácilmente definir todos los detalles de estos sistemas, por ejemplo sistema de proyección y parámetros, datum horizontales y verticales y elipsoide de referencia.

4. Análisis de datos



• Figura 28. Ventana de consultas

Una de las funciones principales y más potentes de *GeoMedia* Professional es la posibilidad de analizar datos usando consultas. La consulta es una forma de petición de información donde se verifica si las entidades cumplen ciertas condiciones definidas en la consulta o una petición de determinada información sobre las entidades. *GeoMedia* ofrece varias formas de definir estas condiciones.

Para encontrar entidades que cumplan con las condiciones, las consultas pueden aplicarse a las clases de entidad o a otras consultas previas. Las consultas se guardan en el *GeoWorkspace*, de forma que si la información en un almacén cambia, todas las consultas encadenadas se actualizan cada vez que se abren.

Usando las consultas, *GeoMedia* realiza una búsqueda de las entidades que cumplan las condiciones y presenta los resultados en formato geográfico en una ventana de mapa o en formato tabular en una ventana de datos. En la leyenda, se agrega una entrada para el resultado de la consulta, cuya visualización se puede cambiar usando las propiedades de la leyenda, como cualquier otra entrada. Por tanto, la consulta se puede tratar casi como si fuera una clase de entidad cualquiera, excluyendo poder cambiar contenido de las tablas resultantes. Para poder cambiar el resultado de consulta, se puede crear una nueva clase de entidad usando el comando “Sacar a clases de entidad”.

La gran multitud de diferentes consultas que se realizan en *GeoMedia* (Figura 28) se puede dividir en los siguientes grupos:

La consulta de filtro de atributos limita la búsqueda a las entidades individuales cuyos atributos contienen valores que cumplen las condiciones especificadas por cierto operador. Un operador es un símbolo o una expresión, como $<>$ (no igual) o $>=$ (más grande o igual) que representa la relación entre dos valores (Figura 29). Por ejemplo, en el trabajo se efectúa una búsqueda para encontrar las entidades duplicadas donde se eligen todas las entidades en las cuales el atributo ID no equivale a ID2 ($ID <> ID2$).

Las consultas espaciales se fijan en la geometría de entidades individuales, cuando existe cierta relación espacial con la de otras clases de entidades o consultas. Un ejemplo del presente trabajo sería una aplicación del filtro espacial “**intersección**” para encontrar las entidades que se solapan.

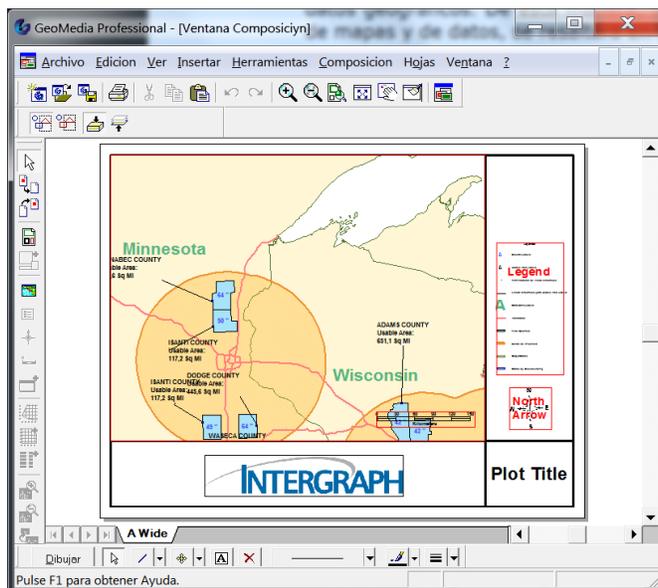


• Figura 29. Operadores

El tercer tipo de consulta sería la combinación de las primeras dos. Por tanto, **las consultas combinadas** buscan entidades con ciertos valores de atributos que cumplan determinadas condiciones espaciales. Por ejemplo, se puede realizar una consulta para encontrar todas las entidades que se solapan (con el filtro “intersección”) con la condición de que pertenezcan a la parcela 254 (con el filtro de atributos donde **Mypar = 00254**). (Intergraph, 2008)

5. Fundamentos de trazado

Siendo un SIG muy potente, *GeoMedia* ofrece amplias posibilidades de preparación e impresión de mapas con la ayuda de diferentes dispositivos de salida, tales como un plóter (trazador). En el *GeoWorkspace*, junto a las ventanas de mapa y de datos, existe una tercera ventana, que se llama **ventana de composición**.



• Figura 30. Ventana de composición.

La ventana de composición (Figura 30) cuenta con varias herramientas de preparación de trazado. Aunque cualquier trazado se puede definir en detalles, dentro del trazado típico se incluyen el mapa principal en la escala que permite ver todos los detalles necesarios (“zoom in”); el mapa de referencia, de donde se puede deducir la posición global del mapa principal (“zoom out”); flecha norte y la barra de escala. Aparte de esto, se puede añadir diferentes objetos, texto, dibujos, etc.

Los mapas, que se añaden al trazado pueden ser dinámicos o estáticos. En el caso de mapas dinámicos, se puede seguir trabajando con los mapas después de preparar el trazado, y todos los cambios posteriores se van a aparecer en el trazado final. Los mapas estáticos no reflejan automáticamente los cambios hechos en la ventana de mapa después de añadir el mapa al trazado. No obstante, es posible actualizar un mapa estático, usando el comando “**Actualizar gráficos de mapa**”. (Intergraph, 2008)

6. Captura de datos

Una de las características más potentes de *GeoMedia* son sus posibilidades de captura de datos. Los datos se pueden capturar de varias maneras:

De los almacenes. *GeoMedia* puede acceder a los datos en diferentes tipos de almacenes, tanto los propios de *GeoMedia* (.mdb) como a todo tipo de almacenes de otros SIG, ficheros CAD, bases de datos o texto. La captura de datos en estos casos se hace a través de conexiones a estos almacenes. La conexión puede ser solo de lectura (a todo clase de almacenes) o de lectura y escritura (por ejemplo, a almacenes propios .mdb). Este tipo de captura de datos normalmente es la más rápida y simple, pero en algunos casos requiere establecer el sistema de coordenadas.

De las imágenes Ráster. Otra posibilidad de capturar los datos es el escaneo de las imágenes ráster. Usando las herramientas de *Geomedia*, se puede vectorizar cualquier tipo de imagen ráster y pasarlo al modo

vectorial. Ya que las imágenes ráster llevan información geográfica, el cambio de un sistema de coordenados a la otra se hace automáticamente.

Digitalización. *GeoMedia* soporta una gran cantidad de tabletas digitalizadoras (Figura 31). Usando la técnica de puntos de control el software realiza una transformación matemática entre la superficie del digitalizador y el sistema de coordenadas de la ventana de mapa, asegurando la exactitud de la medición.

Datos de fichero GeoTiff. Otra función de *GeoMedia* es la creación de imágenes ráster de los ficheros *.tif*. De este modo la imagen se coloca correctamente en el mapa de acuerdo con sus coordenadas geográficas.



• Figura 31. Tableta Digitalizadora Wacom

Por último, existe la posibilidad de hacer un **registro de vectores**, es decir, transformar datos vectoriales de origen para adaptarlos a un conjunto de entidades de destino correctamente definidas ya en un mapa. Este acercamiento resulta útil cuando las entidades de entrada no tienen información de proyección, como un sistema de coordenadas locales, o cuando existen discrepancias entre el registro de datos de entrada y los datos de base, por ejemplo, debido a las diferencias de precisión en la captura de datos. De este modo, se puede ajustar los datos cartográficos para que se encajen mejor con los datos del proyecto. (Intergraph, 2008).

7. Desarrollo de aplicaciones

Debido a que *GeoMedia Professional 6.1* ha sido desarrollado en *MS Visual C++ 2005*, este sistema utiliza *MS .NET Framework* como su base de funcionamiento. Por lo tanto, una de las funciones más interesantes de *GeoMedia* es la función de personalización del entorno de desarrollo con herramientas típicas de *Visual .NET*, como *Microsoft Visual Basic* o *Visual C#*.

Mediante la interfaz de Microsoft, *GeoMedia* permite desarrollar aplicaciones muy sofisticadas con cualquier funcionalidad adicional que puede necesitar el usuario final del programa. Durante la instalación del programa, un controlador de componentes adicionales ("*Add-in Manager*") instala el *Command Wizard* ("*Asistente de Comandos*") en el entorno de desarrollo *MS Visual .NET IDE* y realiza la conexión con la biblioteca de clases de *GeoMedia*. Las aplicaciones se desarrollan dentro del entorno de *Visual .NET*, pero con la ayuda del Asistente de Comandos aparecen directamente en *GeoMedia* después de su compilación.

Otra funcionalidad de *GeoMedia* es la posibilidad de instalación de los comandos *Visual .NET* escritos en otros sistemas directamente, sin el entorno *Visual .NET*. Por lo tanto, no es necesario tener instalados los programas de desarrollo en los ordenadores de los usuarios finales de las aplicaciones.

Actualmente *GeoMedia* soporta los entornos de desarrollo *Visual .NET 2003* y *Visual .NET 2005* (Figura 33) en todo tipo de sistemas, desde Windows XP de 32 bits hasta Windows 7 de 64 bits. Desgraciadamente, las versiones de *Visual .NET 2008* y *2010* todavía no funcionan con *GeoMedia*.

II. MS Visual Studio 2005

Este apartado habla sobre la plataforma en la que se basa *GeoMedia Professional 6.1* y su entorno de desarrollo: *MS Visual Studio 2005*.

1. Microsoft Visual Studio 2005

Microsoft Visual Studio 2005 es una versión antigua del popular entorno de desarrollo integrado (IDE) de Microsoft (la versión contemporánea es "2010"). Este programa ha sido creado para desarrollar aplicaciones para todas las plataformas compatibles con *Microsoft Windows* y funciona en todas las últimas versiones de este sistema operativo, aunque se recomienda instalar las últimas actualizaciones. *MS Visual Studio* sirve como entorno para desarrollar aplicaciones basadas en *.NET Framework*.

2. .NET Framework

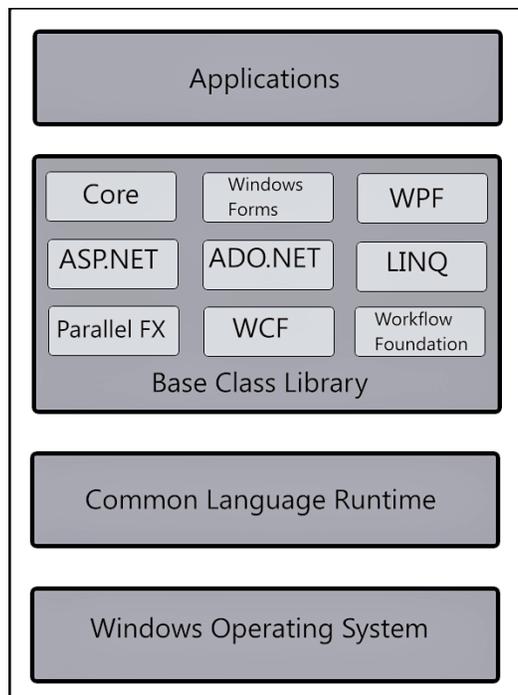
Microsoft .NET Framework es una tecnología compleja que proporciona la infraestructura para la construcción, funcionamiento, y gestión de aplicaciones que funcionan en entorno *Windows*. Si el software de ordenador se representa en capas (Figura 32), *.NET Framework* sería una capa entre el sistema operativo y sus aplicaciones. Además de ser una plataforma, *.NET* también se define como una tecnología, debido a que se compone de varias partes: bibliotecas, herramientas para ejecutar los programas y módulos de integración con el sistema operativo.

Visual Studio 2005 se basa en la versión de *.NET Framework 2.0* e incluye un editor y un depurador de código, así como todas las herramientas necesarias para el desarrollo de cualquier programa. En *Visual Studio 2005* se puede desarrollar aplicaciones integradas con los siguientes lenguajes de programación: *Visual Basic 2005*, *Visual C#* y *Visual C++ 2005*. También puede integrar otros lenguajes en el caso de que sea necesario. Con estas prestaciones, no es de sorprender que Intergraph haya elegido esta plataforma para desarrollo de sus aplicaciones.

La parte más interesante de *.NET Framework* es que después del procesamiento, todos los lenguajes de desarrollo se interpretan en un lenguaje unificado y los programas resultantes se ejecutan con ayuda del *Common Language Runtime*. (Del Sole, 2010)

3. Common Language Runtime (CLR)

Para evitar problemas de seguridad en *Windows*, cuando los programas interactúan directamente con el núcleo del sistema operativo (SO), Microsoft ha creado un concepto de "código administrado". Según este concepto, las aplicaciones no deberían casi nunca comunicar directamente con el SO, sino que la comunicación pasa por el CLR (la parte de *.NET Framework*), que hace de intermediario. El CLR es responsable de gestionar la ejecución de aplicaciones, gestionar la memoria y acceder a los recursos del sistema.



• Figura 32. Arquitectura *.NET Framework* (imagen del Del Sole, 2010).

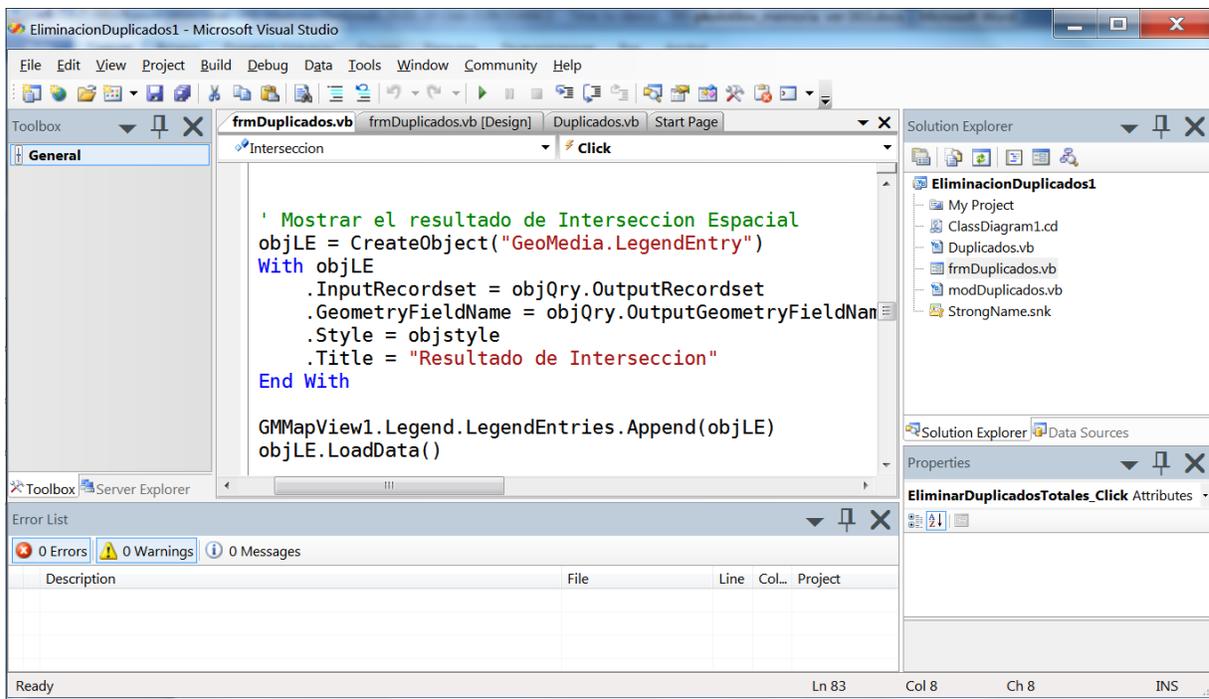
En el entorno clásico de desarrollo, los programas escritos en lenguajes como C++ se compilan para producir archivos binarios ejecutables que puede ejecutar el sistema operativo en ciertas CPU (acrónimo inglés para “unidad central de procesamiento”), de la familia x86, por ejemplo. Al contrario, .NET traduce los programas de todos los lenguajes .NET al lenguaje intermedio MSIL (*MS Intermediate Language*), que es un lenguaje de alto nivel orientado a objetos y está creado para funcionar con .NET Framework y no depender de ninguna CPU en concreto. Los módulos llamados “JIT compilador” (*Just-In-Time*, del inglés “Justo-A-Tiempo”) se encargan de ejecutar los programas de MSIL en varias plataformas diferentes. JIT ensambla y compila el código justo antes de ejecutar el programa en la plataforma del usuario. (Del Sole, 2010)

4. Visual Basic .NET

Visual Basic (VB) es un lenguaje de programación que se parece cada vez menos al lenguaje original del MS DOS llamado BASIC (“Beginners' All-purpose Symbolic Instruction Code”). *VB.NET 2005*, una rama de *Visual Basic*, es un lenguaje de programación orientado a objetos basado en VB que se implementa utilizando el *Microsoft .NET Framework 2.0*. La sintaxis básica del lenguaje *Visual Basic* se mantiene sin cambios en *VB.NET 2005*, pero incluye características adicionales como el control de excepciones estructurado y expresiones de “corto circuito” para mejorar la infraestructura del lenguaje de programación. Por otro lado, en esta versión aparecen ciertos problemas de compatibilidad con las versiones anteriores de VB.

De todas maneras, la mayoría de los desarrolladores que utilizan *VB.NET* reconocen que el sistema actualizado ha incorporado mejoras importantes de punto de vista de lenguajes orientados a objetos.

Visual Basic .NET es un lenguaje de programación que puede ser usado para crear aplicaciones para *Windows* e Internet (*winforms* y *webapp*) de altísimo nivel (Figura 33), que hasta ahora solo era posible en lenguajes como *C++* o *Java*. (Exforsys Inc, 2005)



• Figura 33. Programa escrita en Visual Basic en Visual Studio 2005 Professional

Capítulo 5. Descripción del cálculo de expropiaciones a partir de parámetros dados

Este es el primero de los dos capítulos prácticos del TFC. Se trata del caso real de la expropiación de la superficie afectada por el paso de una cañería de agua. Se puede considerar el más importante del proyecto ya que establece el modo de trabajar y como resultado permite obtener las superficies de expropiación pendientes de depurar.

Los cálculos se basan en datos proporcionados en dos ficheros, uno de cuales es un catastro de cierto territorio en formato de fichero *shapefile* de *ArcView*. Otro fichero contiene los planos de la cañería y un embalse y están codificados en el formato CAD de programa *AutoCAD* *.dwg*.

I. Expropiación de la superficie afectada por paso de una cañería de agua

El caso de estudio del presente proyecto corresponde a la necesidad de construcción de un embalse y una cañería ocupando terrenos particulares. En este caso, según la ley vigente es necesario compensar a los propietarios de los terrenos en función de la superficie ocupada. Para realizar esta tarea con gran exactitud de cálculo se va a utilizar *GeoMedia Professional 6.1*.

1. Introducción de datos

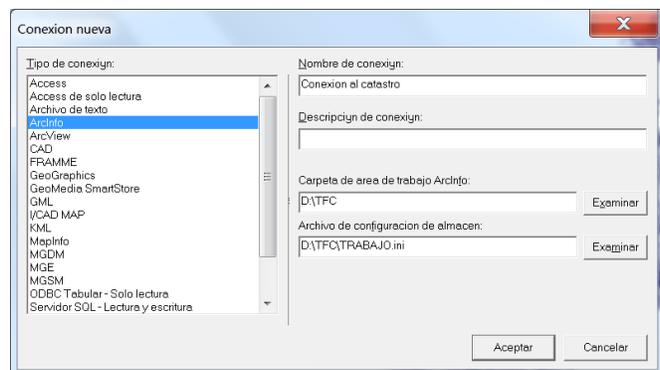
Debido a que los datos iniciales están proporcionados en formato no-nativo, el primer paso que hay que hacer es introducir los datos en *GeoMedia* y transformarlos a formato nativo.

Lectura de datos de catastro

Los datos de catastro de la zona están proporcionados en formato *shapefile* de compañía ESRI. Un *shapefile* es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. El formato carece de capacidad para almacenar información topológica. Un *shapefile* está compuesto de varios archivos:

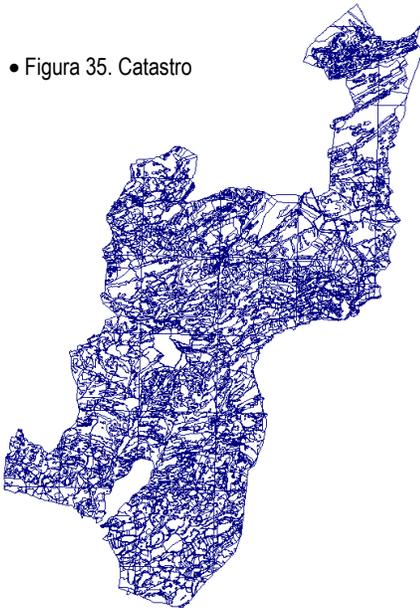
Cadastre.shp - es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos.

Cadastre.shx - es el archivo que almacena el índice de las entidades geométricas.



• Figura 34. Conexión al Catastro

• Figura 35. Catastro



Cadastre.dbf - el *dBASE*, o base de datos, es el archivo que almacena la información de los atributos de los objetos.

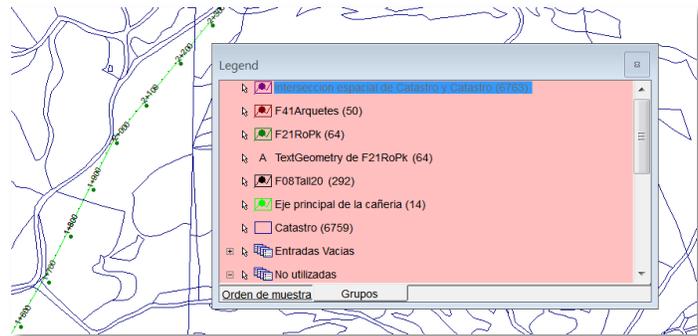
Para introducir el catastro, se utiliza la función de *GeoMedia* de conexión a almacenes (Figura 34). En este caso es necesario indicar donde están situados los ficheros mencionados de catastro y cuál es el fichero de sistema de coordenadas **.ini**. El fichero **.ini** de *shapefile* tiene que indicar el camino hasta el fichero de sistema de coordenadas de *GeoMedia* **.csf**, que se puede crear basado en las coordenadas utilizadas en el fichero CAD. Después de hacer la conexión con el almacén externo (*shapefile*) es necesario copiar las clases de entidad desde allí al almacén del proyecto *GeoMedia* para poder grabarlos. Esto se hace con el comando **“Sacar a clases de entidad”**. Al finalizar este paso, en la leyenda aparece información de la clase de entidad **“catastro”** (Figura 35) y ya se puede empezar a trabajar con sus datos.

Lectura de datos de la planta y la cañería de agua

Los datos de la planta de agua están presentados en formato CAD de *AutoCAD*.

Para poder leerlos, la manera más fácil es usar el comando **“Visualizar archivos CAD”** del menú de herramientas. En este caso hay que proporcionar la ubicación del fichero CAD y opcionalmente el sistema de coordenadas que utiliza. Después de hacer la conexión, es necesario pasar todos los datos al almacén de trabajo, para poder guardar los resultados y cambios usando la comanda **“Sacar a clases de entidad”**.

Al final de este proceso, se copian todas las clases de entidad presentes en el fichero CAD y se colocan en la leyenda del proyecto.

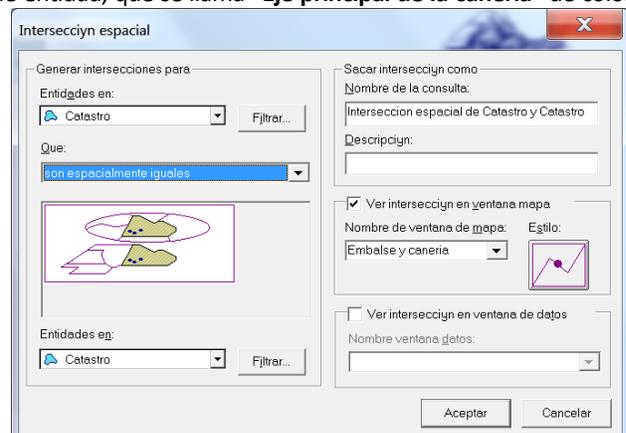


• Figura 36. Las clases de identidad que marcan la cañería

Ya que los datos de la planta reguladora de agua tienen muchas clases de entidad, es importante poder deducir, donde está situada la cañería. En este proyecto la cañería está dibujada con varias clases de entidad, como se puede ver en la Figura 36. Una clase de entidad, que se llama **“Eje principal de la cañería”** de color verde representa el eje principal, otras clases marcan los elementos estructurales de apoyo

2. Los duplicados del catastro

Antes de calcular las áreas de expropiación, es necesario verificar si los datos iniciales de catastro son correctos o tienen errores topológicos, como por ejemplo duplicados o falta de alguna información sobre las parcelas. Para localizar los duplicados es necesario verificar si alguna parcela se solapa con otras. La manera más directa de hacer este tipo de



• Figura 37. Consulta "Intersección espacial"

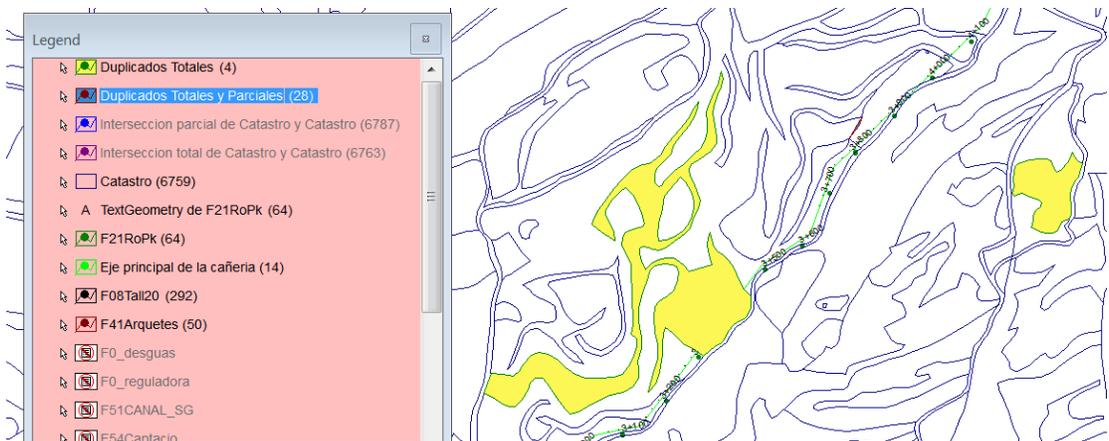
comparación es:

- 1) Realizar una intersección entre dos copias de catastro (realmente aplicar el filtro “intersección espacial” de catastro al mismo catastro)
- 2) Analizar los atributos de la consulta resultante.

En el primer paso se usa el filtro “intersección espacial” que genera intersecciones entre entidades en catastro (Figura 37).

Para encontrar los **duplicados totales** se usa la fórmula “son espacialmente iguales”. En este caso *GeoMedia* sigue los siguientes pasos:

- a) compara cada polígono en catastro con todos los polígonos en el mismo catastro;
- b) en el caso que haya una intersección, es decir, si *GeoMedia* encuentre una entrada en catastro que es



• Figura 38. Intersecciones parciales y totales

al a una entrada en otra copia de Catastro, se crea una entrada en la tabla de resultados de la consulta. Lógicamente, si el catastro no tiene entradas espacialmente iguales (duplicadas), *GeoMedia* solo encontrará una intersección para cada entrada, ya que una parcela solo es espacialmente igual a sí misma. Por tanto, el resultado de la consulta tiene que contener el mismo número de entradas que el catastro original.

- c) En el caso de que haya dos intersecciones en una de las entradas, significa que esta entrada está duplicada. Esto provoca que para cada entrada original duplicada habrá dos intersecciones en la tabla de los resultados de la consulta.

Si se realiza la intersección mediante la fórmula

Nombre	Valor	Nombre	Valor
AREA	11381.9396	AREA	11381.9396
PERIMETER	535.70447	PERIMETER	0
SUB_	4140	SUB_	4140
SUB_ID	4140	SUB_ID	4140
N_VERTEXS	47	N_VERTEXS	47
N_ARCS	2	N_ARCS	2
N_POLIG	1	N_POLIG	1
ID_SUB	252188005000160F00	ID_SUB	252188005000160F00
AMETLLER_S	0	AMETLLER_S	0
CONREU_S	11382	CONREU_S	11382
CONREU_REG	0	CONREU_REG	0
PASTURES	0	PASTURES	0
OLIVERA_SE	0	OLIVERA_SE	0
OLIVERA_RE	0	OLIVERA_RE	0
BOSC_RIBER	0	BOSC_RIBER	0
VINYA_SEC	0	VINYA_SEC	0
FRUITERS_R	0	FRUITERS_R	0
HORTS_REGA	0	HORTS_REGA	0
IMPRODUCTI	0	IMPRODUCTI	0
BOSC_BAIX_	0	BOSC_BAIX_	0
PL_FUSTER_	0	PL_FUSTER_	0
MATOLL_	0	MATOLL_	0
ID_PARC	25218800500016	ID_PARC	25218800500016
PAR	00016	PAR	00016
PROP	0000176	PROP	0000176
CC	QL	CC	QL
SUPERF	0001224484	SUPERF	0001224484
PARATGE	MASIETA	PARATGE	MASIETA
ID	6764	ID	4139
Mypol	005	Mypol	005
Mypar	00016	Mypar	00016
ID1	6756	ID1	4133

• Figura 39. Duplicados totales

“se solapan”, *GeoMedia* encontrará todas las parcelas que se solapan totalmente y parcialmente.

En el presente proyecto, en el catastro original había 6759 polígonos como se puede ver en la Figura 36. Después de aplicar el filtro de intersección total, la consulta resultante obtuvo 6763 entradas. Eso significa que existen dos parcelas duplicadas totalmente. La siguiente consulta de intersección parcial obtuvo 6787 entradas, que quiere decir que otras 12 entradas (que se calculan: $(6787 - 6763)/2 = 12$) coinciden parcialmente.

Para encontrar esas dos duplicados totales y 12 duplicados parciales, hay que estudiar los atributos de la consulta resultante. El método usado se presenta con dos parcelas originales duplicadas (Figura 38), que tienen todos los datos iguales, menos las claves primarias, es decir IDs (Figura 39).

En el catastro, los ID de las parcelas son las claves primarias de la tabla de la base de datos. Por tanto, en una tabla no puede haber dos entradas con el mismo ID. Cuando se hace la intersección del catastro, la tabla de resultados aglutina los datos de ambos catastros. Pero debido a que los nombres de los atributos en las dos copias de catastro son iguales, *GeoMedia* cambia estos nombres en la segunda copia. Por ejemplo, si el atributo original de catastro se llama “AREA”, en la tabla de intersección saldrán dos atributos: “AREA” y “AREA1”. En el caso de ID es diferente, ya que entre los atributos originales se encontraba ID e ID1. Por tanto, en la tabla de intersección la copia de ID se renombra como ID2, y la copia de ID1 como ID11, y cuando la parcela no esté duplicada se cumplirán las siguientes igualdades: $ID=ID2$ e $ID1=ID11$.

Del párrafo anterior se deduce que para encontrar las parcelas duplicadas hay que analizar los resultados de la “consulta de atributos” con el filtro “ $ID<>ID2$ ”. Es evidente que al comparar ID con ID2 se puede encontrar en cuántas parcelas estos números no coinciden, lo que significa que son entidades duplicadas. Para encontrar duplicados parciales, aparte del filtro “ $ID<>ID2$ ”, hay que comparar los atributos “AREA” y “AREA1”. Cuando las áreas no son iguales, significa que las parcelas se solapan.

Eliminación de duplicados totales

La eliminación de duplicados se hace directamente de la base de datos de catastro. En este caso la eliminación es fácil, ya que todos los datos catastrales de los duplicados son idénticos. La única diferencia está en sus números ID internos (Figura 39). Por tanto, se puede borrar uno de los duplicados de catastro usando el comando “Eliminar entidad” del menú “Edición”. En el catastro quedarán 6757 entidades.



Eliminación de duplicados parciales

Para eliminar los duplicados parciales se usa la función “edición” del menú “Edición --> Geometría”, con la cual se puede arreglar los bordes de las parcelas que se solapan. Para ello es necesario comparar la información que se posee con la fuente de la información disponible en la web <http://www.catastro.meh.es>. El proceso de edición es bastante largo y difícil y consiste en arreglar punto por punto los bordes de las entidades que se solapan, haciendo continuamente comparación con el mapa oficial de la web de catastro, indicada anteriormente. No obstante, usando la opción “Usar geometría existente” del menú de opciones se puede acelerar trabajo (Figura 40).

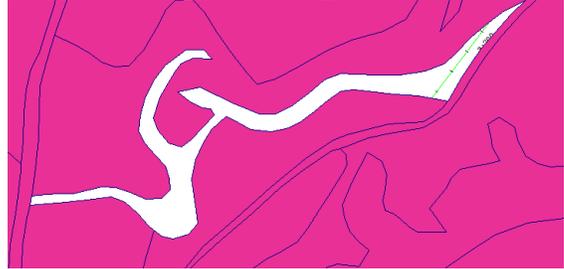
• Figura 40. Arreglar los duplicados parciales

Después de la eliminación de duplicados y solapes se puede proceder al siguiente paso, es decir completar los vacíos de catastro.

3. Los vacíos de catastro

Otro problema de catastro es la presencia de parcelas que existen en el mundo real, pero no tienen geometría en el catastro por alguna razón (Figura 41). Es muy fácil localizarlas, solo hace falta pintar todas las parcelas de un color intenso, por ejemplo rojo. En este caso las parcelas que no tienen información quedarán de color blanco (color de fondo de *GeoMedia*).

Antes de proceder con el cálculo de expropiaciones es necesario rellenar estas parcelas con la información que falta según la información oficial del catastro. Para encontrarlos, se introduce el número de parcela de alguna parcela cercana en el buscador de catastro (<http://www.catastro.meh.es>) y así se localiza la información de la parcela que falta.

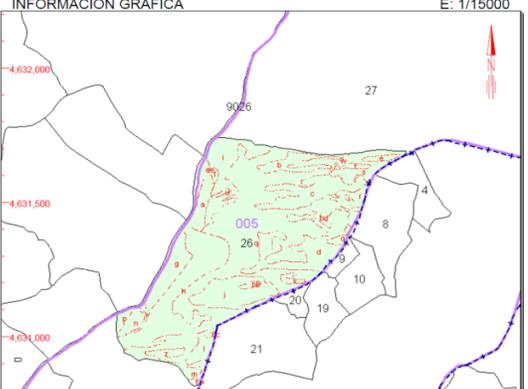


• Figura 41. Una parcela sin información en catastro

En el catastro presente existen dos parcelas de las que no se dispone de datos:

- 1) Parcela que se encuentra en la provincia de Lleida, municipio de Oliola, polígono 003, parcela 254 y letra de subparcela "dr". Su referencia catastral es **25188A003002540000KD** (Figura 41).
- 2) Otra parcela que se encuentra al lado, pero en el polígono 005, parcela 26 y letra de subparcela "t". Su referencia catastral es **25188A005000260000KW**.

• Figura 42. Consulta descriptiva oficial de catastro

	GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE ECONOMÍA Y HACIENDA	SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA Y PRESUPUESTOS SECRETARÍA GENERAL DE HACIENDA DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO		CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES BIENES INMUEBLES DE NATURALEZA RÚSTICA Municipio de OLIOLA Provincia de LLEIDA
REFERENCIA CATASTRAL DEL INMUEBLE 25188A005000260000KW					
DATOS DEL INMUEBLE					
LOCALIZACIÓN Polígono 5 Parcela 26 SISCART. OLIOLA (LLEIDA)					
USO LOCAL PRINCIPAL: Agrario AÑO CONSTRUCCIÓN: --					
COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN: -- SUPERFICIE CONSTRUIDA (m ²): --					
DATOS DE LA FINCA A LA QUE PERTENECE EL INMUEBLE					
SITUACIÓN Polígono 5 Parcela 26 SISCART. OLIOLA (LLEIDA)					
SUPERFICIE CONSTRUIDA (m ²): -- SUPERFICIE SUELO (m ²): 438.328 TIPO DE FINCA: --					
INFORMACIÓN GRÁFICA E: 1/15000					
					

La mejor manera de rellenar los vacíos es recreando las parcelas, basándose en la información del catastro oficial de estado, parte de la página del cual se puede ver en la Figura 42. Después de estudiar esta información, ya se puede añadir entidades al catastro usando la opción "Insertar entidad". De esta manera se añaden las dos entidades que faltan y se rellenan sus atributos.

4. Área de influencia

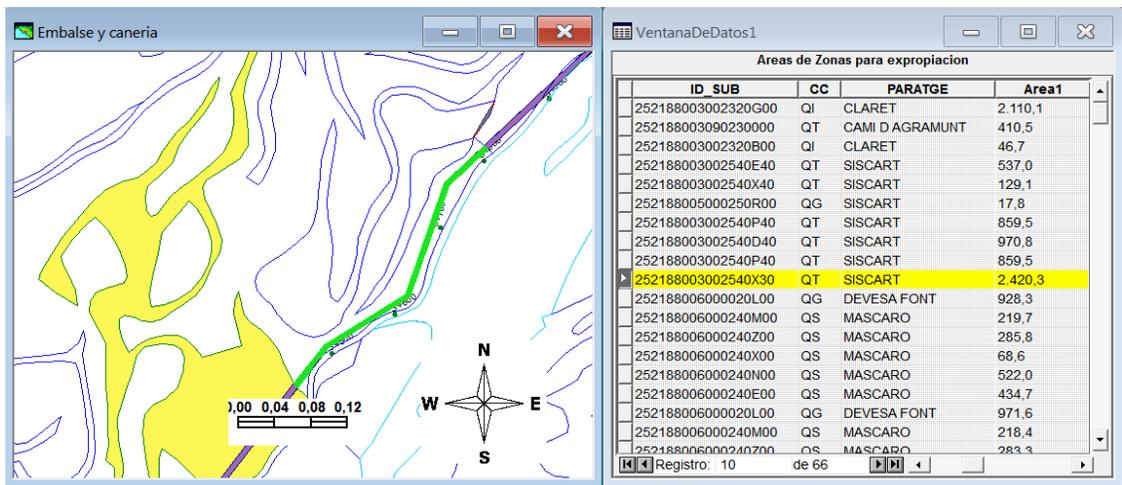
Después de la introducción de los datos, se puede proceder con el cálculo del área de influencia de la cañería. Para realizarlo es importante decidir cuánto terreno es necesario alrededor del eje principal de la cañería para poder construir y usar la cañería. En esta estimación tiene que entrar no solo el terreno que ocupa la cañería y todos sus elementos, sino también el terreno alrededor de la cañería para las máquinas que van a construirla. Por tanto, antes de poder calcular el área de influencia, primero hay que definir y visualizar esta zona.

Para realizar este **cálculo** se usa el filtro “**zona de influencia**”, donde se especifica que hay que “*Seleccionar entidades alrededor de eje principal de la cañería que están a una distancia constante de 3 m hacia todas las direcciones*”.

Como resultado de este filtro, se obtiene una zona de 6 metros de ancho que se puede usar para construir la cañería y que será el objeto de expropiación.

Intersección con las parcelas de los particulares

Cuando se efectúa la expropiación del terreno, la compensación a los propietarios se hace según el área expropiada. Por tanto, para poder preparar el plano modelo de las expropiaciones, es necesario saber exactamente el territorio y el área de expropiación. Esto se puede hacer usando el **filtro de intersección** entre el área de influencia y el catastro. De este modo, se puede conseguir el territorio de expropiación aplicado a cada parcela (y a cada particular).



• Figura 43. Ventanas de mapa y datos con información de expropiación

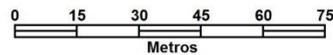
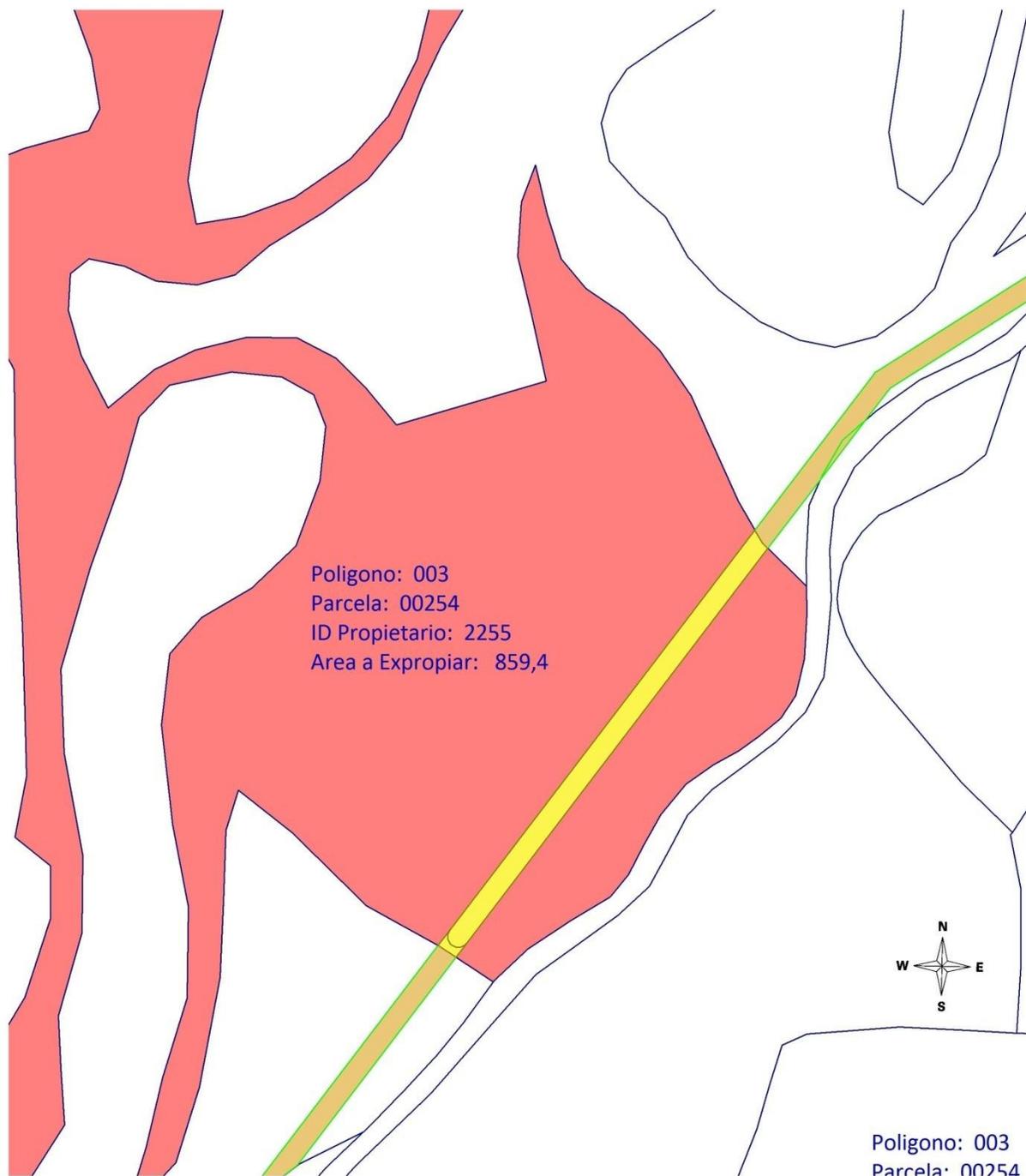
tro de intersección se consigue una consulta “**Zonas para expropiación, CONSULTA**”, que se transforma en la clase de entidad “**Zonas para expropiación**” para poder actualizar los atributos. El atributo que hay que actualizar en este caso es “**Área de Intersección**”. Este atributo de área del terreno a expropiar sirve de base de compensación monetaria a los propietarios. Para añadir el atributo de área de expropiación, se usa la consulta “**Analizar geometría**”. Finalmente, *GeoMedia* ya dispone de toda la información para poder preparar el plano modelo de expropiación (Figura 43).

5. Realización de un plano-modelo

Cuando están calculadas todas las superficies a expropiar, hay que realizar un plano para cada uno de los propietarios con la localización de la zona a expropiar. En este apartado se explica el procedimiento de creación de un plano para solo un propietario. Los demás planos se realizan de la misma forma.

En el plano-modelo aparecen los elementos fundamentales del mapa: parte del mapa de la parcela junto con la zona de expropiación, escala de mapa, flecha norte y leyenda.

Es importante indicar exactamente la zona que se expropia con los atributos, tales como área de expropiación, parcela, polígono y el nombre o ID de propietario (Figura 44).



Leyenda

	Territorio para expropiar
	Su Parcela

Expropiaciones del terreno

• Figura 44. Plano-modelo

Capítulo 6. Aplicación para realizar la identificación los duplicados y solapes

Este capítulo es el segundo de los capítulos prácticos. Aquí se desarrollan las diferentes fases (pasos preliminares, diseño, codificación y pruebas) de elaboración de las aplicaciones de identificación y eliminación de los solapes:

- de entidades idénticas;
- de fragmentos de entidad;

I. Pasos preliminares antes del diseño

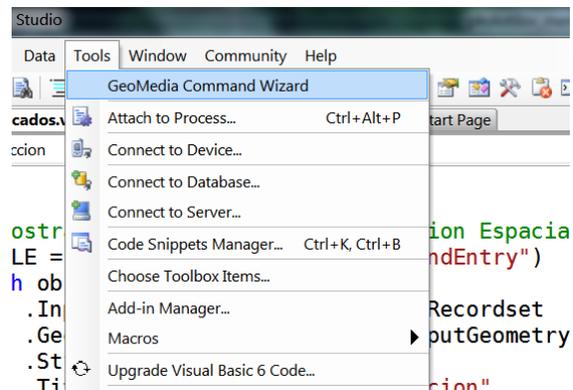
En este apartado se describe todos los pasos antes de empezar el desarrollo de la aplicación para *GeoMedia*.

1. Instalación de Visual Studio 2005

Como se ha explicado en el Capítulo 4. Descripción de las herramientas de trabajo”, la herramienta principal de desarrollo de *GeoMedia* es *Visual Studio 2005*. Usando *Visual Basic*, *GeoMedia* permite desarrollar aplicaciones externas utilizando las mismas herramientas que se crearon durante el desarrollo de *GeoMedia* y conectarlas con el programa.

El módulo de *GeoMedia* que establece la conexión entre *GeoMedia* y *MS Visual Studio* y que ayuda a desarrollar comandos en las aplicaciones basadas en *GeoMedia* se llama *GeoMedia Command Wizard* (“Asistente Para Comandos de GeoMedia”). *Command Wizard* realiza el trabajo de puesta en funcionamiento del proyecto en *Visual Basic .NET* o *Visual C#* (dependiendo de la IDE que se utilice). *GeoMedia* expone sus objetos para garantizar la efectividad de las aplicaciones.

Command Wizard se instala dentro de *Visual Studio* en el momento de instalar *GeoMedia Professional* y aparece en “tools -> add-in manager”. Después de activarlo, se queda activo en el menú de herramientas (Figura 45).



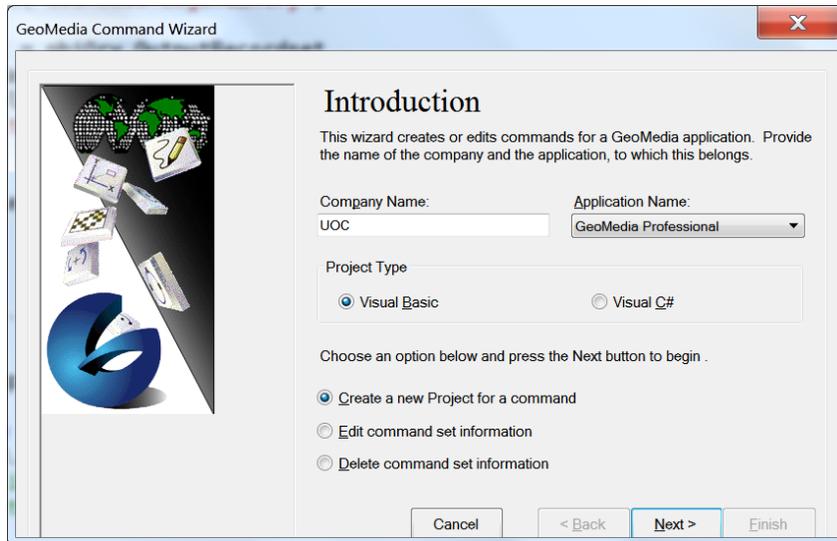
• Figura 45. *GeoMedia Command Wizard*

Desgraciadamente, *Command Wizard* no soporta las versiones de *Visual Studio* más nuevas que la 2005, por eso en el caso de tener instalada en el ordenador la versión de *Visual Studio* más nueva, es necesario desinstalarlo completamente y reinstalarlo en su versión 2005 (siempre y cuando sea posible disponer de esta versión). Teniendo en cuenta que *Visual Studio* es un paquete de desarrollo muy complejo y está compuesto de muchos módulos, la instalación (incluyendo los parches para *Windows 7* y con previa desinstalación de *Visual Studio 2008*) puede tardar hasta 3-4 horas.

Cuando *Visual Studio* se instala después de *GeoMedia*, *Command Wizard* no aparece en el menú de herramientas y es necesario registrarlo con la ayuda de un módulo específico que se puede encontrar en la carpeta de *GeoMedia*: **regGM.exe** y hay que ejecutarlo con los derechos de administrador del sistema.

2. Creación del proyecto con GeoMedia Command Wizard

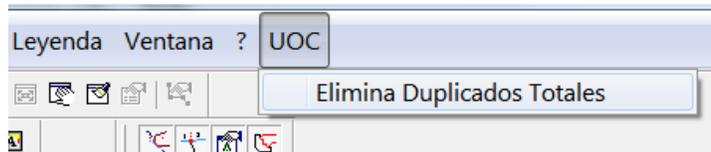
Después de instalar los programas, es necesario crear un proyecto con el *Command Wizard*. Durante la creación, *Command Wizard* pide información sobre el proyecto: el nombre y la descripción de la aplicación, la compañía que la desarrolla, tipo de proyecto que se va a usar (*Visual Basic* o *Visual C#*), donde se va a grabar el proyecto y los parámetros de inicialización. Evidentemente, después de la creación del proyecto, se pueden cambiar los parámetros con el mismo *Command Wizard* o directamente en el proyecto de *Visual Basic* (Figura 46).



• Figura 46. Ventana de *GeoMedia Command Wizard*

3. Instalación de la aplicación

La primera vez que el proyecto se compila, es necesario añadir la comanda que le ejecuta a algún menú de *GeoMedia*. Esto se hace a través del menú "**Herramientas -> Personalizar**". *GeoMedia* permite añadir la comanda a cualquier menú estándar o crear un menú nuevo para las comandas personalizadas (Figura 47). Es suficiente instalar la comanda solo una vez, aunque es necesario cerrar *GeoMedia* cada vez cuando se hace una nueva compilación del proyecto.



• Figura 47. Menú personalizado de la aplicación

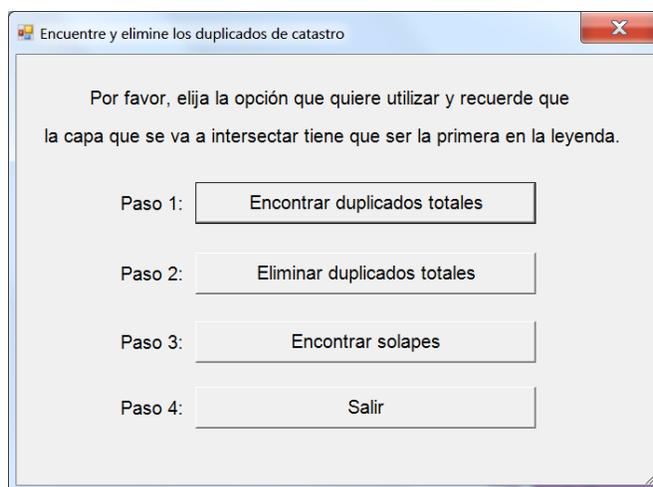
II. Diseño, codificación y pruebas de la aplicación

En este apartado se describen detalles del diseño de la aplicación, de codificación y posteriores pruebas del funcionamiento de la comanda.

1. Diseño de la aplicación

Aunque no era totalmente necesario, al final se ha decidido hacer comanda de tipo “modal”. De este modo la aplicación toma el control de todo *GeoMedia* hasta que acaba su funcionamiento programado. La principal razón de esta decisión es el uso de cuadros de dialogo que requieren la entrada por parte de usuario antes de empezar el funcionamiento. En los cuadros de dialogo aparecen los siguientes objetos (Figura 48):

- La explicación corta de funcionamiento de la aplicación y requisitos necesarios, tales como, por ejemplo, el requerimiento de tener la capa con la que se va a realizar intersección en primera posición en la leyenda;
- El botón que permite realizar la intersección y la identificación de duplicados totales;
- El botón que permite eliminar automáticamente los duplicados totales;
- El botón que permite realizar la intersección e identificar los solapes (duplicados parciales);
- El botón de salida.



Es aconsejable primero eliminar los duplicados totales, por lo tanto es importante prever el bloqueo de ejecución de las rutinas que todavía no se deberían ejecutar. Por tanto, en el comienzo de la ejecución solo funcionarán los botones “Encontrar Duplicados Totales” y “Salir”. Después de usar la opción “Paso 1”, este botón se bloquea y solo se podrá usar el botón del “Paso 2”, y así sucesivamente. • Figura 48. Ventana de la aplicación

2. Codificación de la aplicación

Después de crear el proyecto, *Command Wizard* crea varios ficheros que luego se compilan y se instalan dentro de *GeoMedia*. Los ficheros son:

Duplicados.vb:	un módulo que proporciona la inicialización de la aplicación;
frmDuplicados.vb [Design]	la representación gráfica de la aplicación;
frmDuplicados.vb	un módulo principal de la aplicación, donde se codifican los controles

La presentación grafica de la aplicación se ha desarrollado usando los directrices presentadas en el apartado “Diseño de la aplicación” en este mismo capítulo. La ventana de la aplicación se puede ver en la Figura 48.

Al inicio de la ejecución, la aplicación se conecta con las bibliotecas de *GeoMedia* y se definen las variables globales. Dentro del cuerpo de la clase se definen las siguientes funcionalidades:

Función “Encontrar duplicados totales”

Como indica su nombre, esta subrutina encuentra los duplicados totales en el catastro. Al principio, este control ejecuta la intersección del catastro según el procedimiento descrito en apartado “I. Los duplicados del catastro” del Capítulo 5. Descripción del cálculo de expropiaciones a partir de parámetros dados”.

En las primeras líneas del código, se efectúa la búsqueda de la ventana del mapa activa y se conecta a este mapa. Para hacer la intersección, se cargan los datos de la primera entrada en la leyenda (la que está más arriba) al **SpatialIntersectionPipe**, que realiza la intersección usando el motor topológico de *GeoMedia*. El operador espacial usado es “.SpatialOperator = PPipe.SQConstants.gmsqSpatiallyEqual”:

```
objLEcatastro = GMapView1.Legend.LegendEntries(1)

' Fijar los parametros SpatialIntersectionPipe
With objQry
    .LeftRecordset = objLEcatastro.InputRecordset
    .LeftGeometryFieldName = objLEcatastro.GeometryFieldName
    .RightRecordset = objLEcatastro.InputRecordset
    .RightGeometryFieldName = objLEcatastro.GeometryFieldName
    .OutputGeometryFieldName = "OutputGeometry"
    .SpatialOperator = PPipe.SQConstants.gmsqSpatiallyEqual
    .OutputStatusFieldName = "status"
End With
```

Este operador corresponde al operador “son espacialmente iguales” de la consulta de intersección espacial de *GeoMedia*.

Al final se define el estilo y se crea una nueva entrada “Resultado de Interseccion 1 “en la leyenda usando el estilo definido.

En el segundo paso, los datos resultantes de la intersección sirven como datos de entrada para la biblioteca de automatización de bases de datos (**PDBPipe**). Para encontrar los solapes se usa el filtro de atributos `AttrPipe.Filter = "ID <> ID2"`, como se explica en el Capítulo 5. Descripción del cálculo de expropiaciones a partir de parámetros dados”. La subrutina define el estilo de manera parecida a la subrutina de intersección. Al final los resultados de la consulta se cargan en la leyenda bajo el nombre “**Duplicados Totales**”:

El resultado de la primera rutina son dos nuevas entradas en la leyenda.

Función “Eliminar Duplicados Totales”

Para borrar los duplicados totales se usan dos bucles:

```
'Numero de identidades a borrar
    numero_a_borrar = (OutputRS.RecordCount / 2)

'Encontramos ID de las parcelas que hay que borrar
OutputRS.MoveFirst()
For i = 1 To numero_a_borrar
    id_para_borrar(i) = OutputRS.GFields("ID").Value
OutputRS.MoveNext()
```

```

Next

' Borramos las parcelas con las IDs identificadas en el paso anterior
objLEcatastro.InputRecordset.MoveFirst()
For i = 1 To numero_a_borrar
    objLEcatastro.InputRecordset.MoveFirst()
    Do While Not objLEcatastro.InputRecordset.EOF
        If objLEcatastro.InputRecordset.GFields("ID").Value =
id_para_borrar(i) Then
            objLEcatastro.InputRecordset.Delete()
        End If
        objLEcatastro.InputRecordset.MoveNext()
    Loop
Next

```

El primer bucle busca los IDs de las parcelas que hay que borrar, sabiendo que el número de las parcelas es la mitad del número que aparece en la consulta que identifica los duplicados totales, según la explicación presentada en el apartado 2. “Los duplicados del catastro” del **Capítulo 5. Descripción del cálculo de expropiaciones a partir de parámetros dados**. El segundo bucle pasa por todas las entradas de la base de datos de catastro, y borra las entradas que tienen IDs identificados en el primer bucle. Acto seguido se define el estilo y se hace una entrada en la leyenda.

Función “Encontrar Solapes”

Como indica el nombre de esta función, la subrutina encuentra los solapes (duplicados parciales) entre las parcelas en el catastro. Este procedimiento es muy parecido al procedimiento que busca los duplicados totales. Aquí también primero se hace una intersección de la capa de catastro consigo misma, pero esta vez se usa otro operador espacial:

.SpatialOperator = PPipe.SQConstants.gmsqSpatiallyEqual

Este operador corresponde al operador “se solapan” de la consulta “intersección espacial” de *GeoMedia*. Después se crea la entrada “**Resultado de Intersección 2**” en la leyenda con el estilo definido anteriormente.

Como en el caso de los duplicados totales, los datos de esta intersección sirven como datos de entrada para la biblioteca de automatización de bases de datos **PDBPipe**. Para encontrar los solapes se usa el mismo filtro de atributos `AttrPipe.Filter = "ID <> ID2"`. Al final, los resultados de la consulta se cargan en la leyenda bajo el nombre “Duplicados Parciales”:

Ya que es necesario comparar los bordes de las parcelas con los datos del catastro de la web (<http://www.catastro.meh.es>) según el procedimiento descrito en apartado 2. “Los duplicados del catastro” del **Capítulo 5. Descripción del cálculo de expropiaciones a partir de parámetros dados**, la aplicación no tiene prevista la función de arreglo automático de las parcelas. A cambio, se hace un zoom a las parcelas identificadas y se deja al usuario emprender una acción correctora:

```

'Hacer zoom a la zona de solapes
Dim objGeom As Object = Nothing

' Extraer uno de los solapes
Dim objGSS As PClient.GeometryStorageService
objGSS = CreateObject("GeoMedia.GeometryStorageService")
objGSS.GetGeometry(OutputRS2.GFields("Geometry"), objGeom)

' Encontrar el alcance de geometria
Dim objPntLow As New PBasic.point

```

```

Dim objPntHigh As New PBasic.point
Dim objGMS As GeoMathSvc.GeoMathService
objGMS = CreateObject("Geomedia.GeoMathService")
objGMS.GetRange(objGeom, objPntLow, objPntHigh)

' Set MapView range
GMMMapView1.ZoomArea(objPntLow.X * 1.0002, objPntLow.Y, 0, objPntHigh.X * 0.9998,
objPntHigh.Y, 0)

```

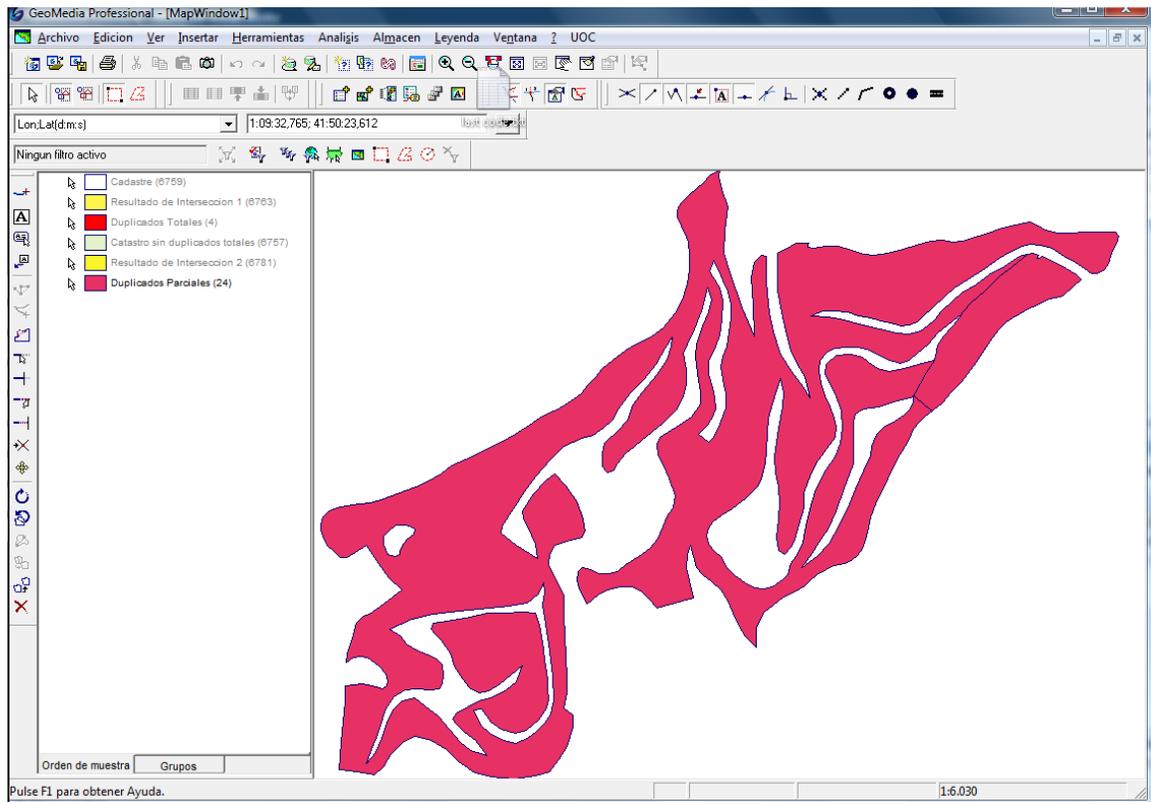
En las primeras líneas de código se crea el objeto **“Geometry Storage Service”**, y se le copian los campos de geometría de los datos (**RecordSet**) de la consulta de duplicados parciales. Después se usa la opción **“GetRange”** para conseguir las coordenadas de los extremos de la geometría. Al final se usa el método **“ZoomArea”** para hacer zoom al área de una de las parcelas.

Cuando la aplicación acaba su funcionamiento en la leyenda aparecen 6 nuevas entradas (Figura 49). Para que se pueda ver la última entrada de los duplicados parciales, se desactiva la visualización de todas las demás entradas:

```

GMMMapView1.Legend.LegendEntries(1).DisplayMode = PView.DisplayModeConstants.gmDisplayModeOff

```



• Figura 49. Las parcelas solapadas

Capítulo 7. Líneas de continuación y experiencia personal

En este capítulo se describen las posibles líneas de continuación en el campo de la identificación de duplicados totales y parciales tanto desde punto de vista de trabajo con la interfaz de *GeoMedia* de manera tradicional, como desde el punto de vista de desarrollo de aplicaciones con *Visual Studio* para *GeoMedia*.

1. Desarrollo del procedimiento de eliminación de duplicados parciales

El procedimiento de eliminación de duplicados totales presentado en esta memoria es simple y efectivo. Por lo tanto, se puede considerar que este procedimiento no requiere desarrollo adicional en este momento.

Por otro lado, el procedimiento de identificación de solapes es muy laborioso y cuando se hace rápido o sin mucha atención se pueden producir resultados imprecisos. Por tanto, es necesario perfeccionar este procedimiento.

Para intentar sistematizar los arreglos de la geometría en las entidades solapadas, es necesario obtener los datos de las fuentes originales con gran precisión y con suficiente resolución. Además, es necesario librar a los usuarios del trabajo tedioso de arreglo de los bordes de las parcelas. Por lo tanto, un posible desarrollo de este procedimiento podría ser un estudio de maneras de conectarse a la base de datos del catastro y arreglar los solapes de manera mucho más rápida y más precisa.

Así mismo, después de automatizar este procedimiento en *Visual Studio*, se puede conseguir que el usuario solo necesite ejecutar la comanda y autorizar los cambios propuestos. La comanda automáticamente realizará la intersección, identificará los solapes, se conectará con la base de datos del catastro y ofrecerá los cambios al usuario. Si el usuario aprueba los cambios ofrecidos, la aplicación arreglará automáticamente los solapes.

2. Aplicación Visual Studio

La aplicación de identificación y eliminación de solapes creada en este TFC se podría perfeccionar de la siguiente manera:

- Añadir el procedimiento que permite elegir la capa para intersectar usando los diálogos estándares de *GeoMedia* (**GMDropDownTreeView**);
- Añadir el procedimiento que arregla automáticamente los duplicados parciales;
- Añadir el procedimiento que crea los planos de expropiación para todos los propietarios de las parcelas (usando el procedimiento *GeoMedia Batch Plotting*);
- Cada vez que se realizan los diferentes pasos del procedimiento, se puede crear una entrada en la lista de consultas, como realiza *GeoMedia* en su procedimiento habitual.

Un proyecto aparte podría ser la automatización del procedimiento de eliminación precisa de los solapes descrito en el apartado anterior.

Capítulo 8. Valoración económica del proyecto

En este capítulo se realiza la exploración de la viabilidad económica del proyecto. Se analizan las ganancias que representaría para una empresa o entidad pública la implementación de la solución concebida.

Se calcula que el proyecto necesita la inversión de 25 días de trabajo, aproximadamente. Por otro lado se asume que la solución está desarrollada por una empresa pequeña, por lo tanto la prorrata de los gastos de agua y electricidad se calcula como el 50% y las demás amortizaciones se calculan sobre el 10%.

	Gastos	Coste	Prorrata
Gastos Directos	<i>GeoMedia Professional 6.1</i>	12.000 €	1200 €
	<i>GeoMedia Grid</i>	6.000€	600 €
	<i>Visual Studio 2005 Professional</i>	800 €	80 €
	Estación de trabajo	1500 €	150 €
	Instalación de la aplicación		500 €
	Mano de obra	2000 €	2000 €
Gastos indirectos	Alquiler de oficina	2000 €	200 €
	Gastos como Agua, electricidad, etc. /mes	200	100€
Total:			4830 €

Por lo tanto, el coste total de esta aplicación será de unos 5000 Euros. Considerando, que las expropiaciones se pagan a precio de 10 a 45 Euros por un metro cuadrado, el arreglo de solo un duplicado total podría pagar las inversiones en el software y la realización de la presente aplicación (La opinión de Murcia, 2010).

Capítulo 9. Conclusiones

A modo de síntesis final, en este capítulo del TFC se expone la valoración del trabajo. Se examina el progreso del proyecto comparando los objetivos marcados con los objetivos conseguidos y a continuación se contemplan las tareas e hitos cumplidos, comentando los mayores logros y dificultades del proyecto.

1. La valoración del trabajo

Todos los objetivos de este TFC presentados en el apartado “Objetivos del TFC” en el Capítulo 1. Introducción a TFC” se han cumplido con éxito.

2. Comentarios sobre *GeoMedia Professional 6.1*

En general *GeoMedia Professional* es un producto muy maduro y ya está en su versión 6.1.6. Desde su aparición, muchas compañías han apostado por *GeoMedia* y la base instalada de este producto es muy alta. Por lo tanto, el desarrollo de los procedimientos y de las aplicaciones para esta plataforma se puede considerar muy prometedor. Además *GeoMedia* se sustenta en la tecnología .NET de Microsoft, que ha permitido a Intergraph desarrollar una solución software de muy buena calidad y que hereda las virtudes de la tecnología .NET. Asimismo esta tecnología ha facilitado funciones como el desarrollo de las aplicaciones personalizadas.

No obstante, el hecho de que *GeoMedia* se basa en la tecnología .NET trae también muchos inconvenientes, por ejemplo, la dependencia de las capacidades de .NET. La versión .NET 2.0, en la cual se basa el motor de *GeoMedia*, solo soporta un número muy limitado de plataformas de la familia de *Windows* y no funciona en otros sistemas operativos. Por lo tanto, los usuarios de sistemas basados en *Unix*, como por ejemplo *Linux* o *Mac OS X*, no pueden usar este SIG. La solución alternativa para resolver esta limitación podría ser basar *GeoMedia* en *Java Virtual Machine*, que conceptualmente se parece a *Microsoft .NET* y está implementada en varios sistemas operativos. Desgraciadamente esto significaría reescribir enteramente todo el código de *GeoMedia*, tarea que supondría un tiempo, dinero y esfuerzo considerables.

Otro punto crítico es la falta de soporte de los sistemas de desarrollo *Visual Studio 2008* o *2010*. La mayoría de los desarrolladores cuentan con instalaciones de estas versiones y la versión *2005* (la cual soporta *GeoMedia*) es muy difícil de conseguir, por lo que sería adecuado ampliar el *GeoMedia* con los módulos de soporte de estas versiones de *Visual Studio*.

Las herramientas de desarrollo de *GeoMedia* permiten automatizar las tareas rutinarias que consumen mucho tiempo. La decisión de Intergraph de permitir conectarse a sus clases internas es una decisión acertada. De este modo se pueden acelerar muchos proyectos de *GeoMedia* programando las aplicaciones que automatizan mayoría de los procesos, tal y como se ha demostrado en este trabajo. Además, la oferta de dos lenguajes de programación junto con los extensos manuales del desarrollador, facilita la creación rápida y efectiva de las aplicaciones en *GeoMedia*.

3. Comentarios sobre el procedimiento desarrollado

El procedimiento para la detección y eliminación de entidades duplicadas desarrollado en este TFC es un procedimiento efectivo y por tanto puede utilizarse en diferentes empresas que traten expropiaciones de terrenos. Considerando, por un lado, que muchas de las empresas e instituciones públicas de diferentes países cuentan con instalaciones de *GeoMedia Professional* y, por otro lado, teniendo en cuenta la multitud de proyectos de construcción realizados cada año en Europa que implican expropiaciones de terrenos, este procedimiento podría obtener cierta demanda entre las instituciones públicas y las empresas privadas de los

países Europeos e incluso fuera de la UE. Otra posibilidad sería la integración de este procedimiento en el flujo de trabajo del Catastro. El procedimiento y la aplicación desarrollada pueden ayudar a encontrar duplicados y eliminarlos contribuyendo, de este modo, a la creación de una BD libre de errores, que podría usarse como base de datos de confianza dentro de las empresas e instituciones públicas que trabajan con el Catastro.

4. El progreso del proyecto

Contrario a calendario fijado, algunos apartados se han desarrollado fuera de las fechas marcadas. Se trata sobre todo de los apartados “Desarrollo de aplicaciones” y del “Capítulo 4. Descripción de las herramientas de trabajo”. Aunque estos capítulos estaban dentro de sus apartados de acuerdo con la estructura lógica del TFC, desde un punto de vista cronológico, estos capítulos debían redactarse más tarde según el diagrama de flujo de trabajo. Por tanto, el desarrollo de estos capítulos se ha realizado en la última entrega para asegurar la máxima calidad.

5. Comentarios sobre contenidos:

Bibliografía: Se han creado dos apartados en la bibliografía (web y libros) en lugar de uno. Como *MS Office 2010* organiza todas las fuentes y crea la bibliografía automáticamente, este tipo de división se ha realizado manualmente al final de la redacción de la memoria.

Referencias cruzadas: Se han referenciado todas las figuras. Se ha cambiado la manera de numeración de los capítulos para facilitar las referencias cruzadas. En algunos casos, cuando se hace la referencia a una figura que se encuentra en otro capítulo, también se referencia la página donde se encuentra. Como la página también está referenciada, el número de página cambia cada vez cuando cambia la posición de la figura.

Tablas de planificación. Para adecuar la extensión del trabajo final a las pautas marcadas se eliminaron las tablas del apartado IV. “Planificación del proyecto”.

Correcciones menores. En la última entrega se ha procedido a revisar todo el TFC y a efectuar varias correcciones menores en los capítulos ya desarrollados, como por ejemplo reducir los párrafos introductorios, que aunque despertaban interés del lector, no aportaban nueva información.

6. Experiencia Personal

Desgraciadamente, el autor de este proyecto tenía muy poca experiencia personal con los programas SIG y ninguna con *MS Visual Studio 2005*. Por lo tanto, los primeros pasos en la creación del procedimiento y codificación de la aplicación han consumido mucho tiempo de estudio y han producido ciertas decepciones.

Un problema que ha empleado muchos recursos ha sido la instalación de *MS Visual Studio 2008*. Los intentos de hacerlo funcionar con *GeoMedia* no produjeron éxito y se ha procedido a su desinstalación.

El problema más grave en la codificación ha sido la conexión con las clases estándares de *GeoMedia*. El manual del desarrollador de *GeoMedia* (“**Referencia para objetos de *GeoMedia Professional***”) en principio es muy bueno y tiene enlaces a la web de Intergraph con muchos ejemplos magníficos de código. Desgraciadamente, el autor ha empleado mucho tiempo en aprender a conectarse con las instancias de las clases de *GeoMedia* en ejecución y ha acabado resolviéndolo mediante el procedimiento de ensayo-error.

Hay que decir, que el manual que describe este procedimiento existe y está en otro documento que se llama “**Optimización de *GeoMedia Professional***”.

Glosario

Almacén: Fuente de datos.

Área: Espacio de tierra comprendido entre ciertos límites.

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

Base de datos (BBDD): 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.

Campo: Parte de un registro en una BBDD.

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

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.

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.

Elipsoide: Una figura geométrica, descripción simplificada de la forma 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.

Geoide: La superficie física definida por un determinado potencial gravitatorio.

GPS (Sistema de Posicionamiento Global): El GPS fue desarrollado por el ministerio de defensa de EEUU como un sistema de navegación de precisión, con fines militares. Ahora en día su uso es libre para todos.

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

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

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

Leyenda: en *GeoMedia*, el control que define elementos visibles en la ventana de mapa, incluidas el orden de aparición y características interactivas.

Objeto geográfico: Representación de una entidad geográfica.

Primary Key (Clave Primaria): Campo, 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.

Ráster: 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: La resolución indica cuánto detalle puede observarse en una imagen.

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

Sistema de información geográfica, SIG: Es un sistema de hardware y software para capturar, almacenar, editar, aplicar y hacer todo tipo de manipulaciones con los datos geográficos con el propósito de resolver problemas complejos de investigación, planificación y/o gestión.

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.

Bibliografía

Libros:

- Bataller Díaz, A. (2008). Gestió i desenvolupament de projectes. En A. Pérez Navarro, A. Bataller Díaz, R. Beneito Montagut, N. Sáenz Higuera, & R. Vidal Oltra, *Treball final de carrera*. UOC.
- Del Sole, A. (2010). *Visual Basic 2010 Unleashed*. Sams; 1 edition (May 17, 2010).
- Intergraph. (2008). *Manual del Usuario de GeoMedia® Professional*. Intergraph Corporation, Huntsville, Alabama 35813-0001
- Lerma, M. J. (2010). *INTRODUCCIÓN HISTÓRICA A LA GEODESIA*. Universidad Complutense de Madrid.
- Muñoz Bollas, A. (2009). Geodesia y cartografía. En A. Perez Navarro, A. Botella Plana, A. Muñoz Bollas, R. Olivella, J. C. Olmedillas Hernández, & J. Rodríguez Lloret. UOC.
- Smith, T. (1996). *A Brief Update on the Alexandria Digital Library Project*. Santa Barbara: D-Lib Magazine.

Web:

- El Mapa Dymaxion*. (15 de Agosto de 2008). Obtenido de La Segunda Puerta:
<http://lasegundapuerta.com/?tag=astronomia&paged=3>
- Transformaciones de coordenadas*. (16 de Noviembre de 2009). Obtenido de
<http://cuevadelcivil.blogspot.com/2009/11/transformaciones-de-coordenadastransfor.html>
- China, C. S. (Diciembre de 2002). *Sistemas de Coordenadas Geográficas*. Obtenido de TESIS la Universidad Francisco Marroquín: <http://www.tesis.ufm.edu.gt/fisicc/2004/75145/Cap%C3%ADtulo%202.htm>
- Dávila Martínez, F. (2004). *www.sge.org*. Obtenido de Servicio de Documentación Geográfica y Biblioteca:
www.sge.org/cartografia/sig2.pdf
- Di Leo, N. (2002). *¿Qué es un SIG?* Obtenido de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/mdt/GTS/Zonaedu/GIS1htm.htm>
- Dubinín, M. U., & Kostikova, A. M. (2008). Веб-ГИС (SIG para Internet). *Компьютерра*.
- Edgetech America, I. (2009). *What is GIS? The most advanced database system available today*. Obtenido de
<http://www.edgetech-us.com/WhatIsGIS.htm>
- Edronkin, P. (15 de Agosto de 2009). *La proyección Mercator*. Obtenido de
<http://www.andinia.com/b2evolution/index.php/noticias-aire-libre/actividades-al-aire-libre/orientacion-navegacion-satelital-gps/la-proyeccion-mercator>
- Exforsys Inc. (2005). *VB.NET 2005*. Obtenido de Exforsys Inc: <http://www.exforsys.com/tutorials/vb.net-2005.html>
- García-Granados López de Hierro, A. (2006). *LUGARES DE INTERÉS DEL PARQUE*. Obtenido de Sierra de baza:
http://www.sierradebaza.org/Lugares_de_interes/Padilla/Padilla.htm
- Gibbons Media. (17 de Marzo de 2010). *Russia to Put 8 CDMA Signals on 4 GLONASS Frequencies*. Obtenido de Inside GNSS: <http://www.insidegnss.com/node/1997>
- Hawaii, C. (2010). *What is GIS?* Obtenido de <http://hawaii.gov/dbedt/czm/initiative/wec/html/spatial/what.htm>
- Intergraph. (2002). <http://www.intergraph.com/>. Obtenido de The Geomedia Architecture Advantage:
http://www.google.com/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=1&ved=0CBkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fspatialnews.geocomm.com%2Fwhitepapers%2FGeoMedia_Architecture_Advantage.pdf&ei=4TXyS9_3A5yk-Ab-paiRDg&usq=AFQjCNFA5GeK_TP-6pENIdHAt9-PVCdqkA&sig2=1MWAPn0yIsIwdCNeELn-IQ

- J. Buckey, D. (2009). *VECTOR AND RASTER - ADVANTAGES AND DISADVANTAGES*. Obtenido de http://bgis.sanbi.org/GIS-primer/page_19.htm
- La opinión de Murcia. (16 de Abril de 2010). *Fomento llama a la calma a los 1.800 expropiados de la autovía del Reguerón*. Obtenido de <http://www.laopiniondemurcia.es>: <http://www.laopiniondemurcia.es/murcia/2010/04/16/fomento-llama-calma-1800-expropiados-autovia-regueron/241533.html>
- NASA. (2010). *GRACE, the Gravity Recovery and Climate Experiment*. Obtenido de The University of Texas at Austin, Center for Space Research: <http://www.csr.utexas.edu/GRACE/>
- NGA. (2010). *The National Geospatial-Intelligence Agency*. Obtenido de The National Geospatial-Intelligence Agency: <https://www1.nga.mil/Pages/Default.aspx>
- Ortiz, G. (2010). <http://www.gabrielortiz.com/>. Obtenido de GIS + Información Geográfica: <http://www.gabrielortiz.com/>
- Regan, J. (2009). *What's the Relationship Between CAD and GIS?* Obtenido de Pima County Geographic Information Systems: <http://dot.pima.gov/gis/whatis/cad-gis.htm>
- Rose, D. (2008). *GIS vs. CAD*. Obtenido de Environmental GIS Tech, www.kansasmappers.org: http://www.magicgis.org/magic/symposiums/2008/presentations/datacon_dros176.pdf
- SPB Tecnicum de Geodesia y Cartografía. (2008). *Государственная система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90)*. Obtenido de САЙТ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ТЕХНИКУМА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ: <http://spbgtik.ru/book/2122.htm>
- Valcárcel Siso, R. L. (2010). *La cartografía actual: topográfica, ortofotos e imágenes de satélite*. Obtenido de Atlas Global De la Region de Murcia: <http://www.atlasdemurcia.com/index.php/secciones/3/cartografia-actual-topografica-ortofotos-satelite/1/>
- Wikipedia. (2010). *Base de datos*. Obtenido de Base de datos
- Wikipedia. (2010). *CAD*. Obtenido de Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design
- Wikipedia. (2010). *Datum*. Obtenido de Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Datum>
- Wikipedia. (2010). *Geodesy*. Obtenido de Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Geodesy>
- Wikipedia. (2010). *Geographic Information System*. Obtenido de WIKIPEDIA: http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system
- Wikipedia. (2010). *Mercator projection*. Obtenido de http://en.wikipedia.org/wiki/Mercator_projection
- Wikipedia. (2010). *Sistema de Información Geográfica*. Obtenido de Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sig>

Anexo 1. Código de la aplicación

```
Option Explicit On
Imports PClient = Intergraph.GeoMedia.PClient
Imports PBasic = Intergraph.GeoMedia.PBasic
Imports GeoMathSvc = Intergraph.GeoMedia.GeoMathSvc
Imports PPipe = Intergraph.GeoMedia.PPipe
Imports PView = Intergraph.GeoMedia.PView
Imports GDO = Intergraph.GeoMedia.GDO
Imports windows = Intergraph.GeoMedia.GeoMedia.Windows
Imports PDBPipe = Intergraph.GeoMedia.PDBPipe
Imports GMapView = Intergraph.GeoMedia.MapviewLib.GMapView

Public Class frmDuplicados
    Dim intersec1 As Boolean = False
    Dim totales2 As Boolean = False
    Dim eliminar3 As Boolean = False
    Dim objQry As New PPipe.SpatialIntersectionPipe
    Dim objQry1 As New PPipe.SpatialIntersectionPipe
    Dim objLEcatastro As PView.LegendEntry
    Dim GMapView1 As New GMapView
    Dim objwnds As Windows = Nothing
    Dim AttrPipe As New PDBPipe.AttributeFilterPipe, InputRS As GDO.GRecordset
    Dim OutputRS As GDO.GRecordset
    Dim AttrPipe2 As New PDBPipe.AttributeFilterPipe, InputRS2 As GDO.GRecordset
    Dim OutputRS2 As GDO.GRecordset
    Dim objLE1 As PView.LegendEntry
    Dim objLE2 As PView.LegendEntry
    Dim objLE3 As PView.LegendEntry
    Dim objLE4 As PView.LegendEntry
    Dim objLE5 As PView.LegendEntry

    Private Sub Encontrar_Duplicados(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Encontrar_Duplicados.Click

        If intersec1 = True Then
            MsgBox("Intersección ya está hecha!!!")
            Exit Sub
        End If

        'Encontrar el mapa
        Dim I As Integer
        objwnds = gobjGeoApp.Windows
        For I = 1 To objwnds.Count
            If objwnds.Item(I).Type = "Mapwindow" Then
                'Connectarse al mapa activo
                GMapView1 = objwnds.Item(I).MapView
            End If
        Next

        objLEcatastro = GMapView1.Legend.LegendEntries(1)

        ' Fijar los parametros SpatialIntersectionPipe
        with objQry
            .LeftRecordset = objLEcatastro.InputRecordset
            .LeftGeometryFieldName = objLEcatastro.GeometryFieldName
            .RightRecordset = objLEcatastro.InputRecordset
            .RightGeometryFieldName = objLEcatastro.GeometryFieldName
            .OutputGeometryFieldName = "OutputGeometry"
            .SpatialOperator = PPipe.SQConstants.gmsqSpatiallyEqual
            .OutputStatusFieldName = "status"
        End with

        ' Definir estilo
        Dim objStyleService As New PView.StyleService
        Dim objstyle As PView.StyleDefinition = Nothing
        objStyleService.GetStyle("Area Style", objstyle)
```

```

' Especifica color y anchura de borde
Dim objstyleB As PView.StyleDefinition
objstyleB = objstyle.StyleDefinitions(0).StyleDefinitions(0)
objstyleB.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertywidth).value = 35
objstyleB.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyColor).value =
RGB(0, 0, 100)

' Especifica color de relleno
Dim objstyleF As PView.StyleDefinition
objstyleF = objstyle.StyleDefinitions(1).StyleDefinitions(0)
objstyleF.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyColor).value =
RGB(252, 245, 76)

' Mostrar el resultado de Interseccion Espacial
objLE1 = CreateObject("GeoMedia.LegendEntry")
with objLE1
    .InputRecordset = objQry.OutputRecordset
    .GeometryFieldName = objQry.OutputGeometryFieldName
    .Style = objstyle
    .Title = "Resultado de Interseccion 1"
End with

intersec1 = True
GMapView1.Legend.LegendEntries.Append(objLE1)
objLE1.LoadData()
GMapView1.Fit()

' Ahora buscamos duplicados totales
InputRS = objQry.OutputRecordset
AttrPipe.Filter = "ID <> ID2"
AttrPipe.InputRecordSet = InputRS
OutputRS = AttrPipe.OutputRecordset

' Definir estilo
Dim objStyleService2 As New PView.StyleService
Dim objstyle2 As PView.StyleDefinition = Nothing
objStyleService2.GetStyle("Area Style", objstyle2)

' Especifica color y anchura del borde
Dim objstyleB2 As PView.StyleDefinition
objstyleB2 = objstyle2.StyleDefinitions(0).StyleDefinitions(0)
objstyleB2.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertywidth).value = 35
objstyleB2.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyColor).value =
RGB(0, 0, 100)

' Especifica color de relleno
Dim objstyleF2 As PView.StyleDefinition
objstyleF2 = objstyle2.StyleDefinitions(1).StyleDefinitions(0)
objstyleF2.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyColor).value =
RGB(255, 0, 0)

' Mostrar el resultado de filtro de Duplicados totales
objLE2 = CreateObject("GeoMedia.LegendEntry")
with objLE2
    .InputRecordset = OutputRS
    .GeometryFieldName = objQry.OutputGeometryFieldName
    .Style = objstyle2
    .Title = "Duplicados Totales"
End with

GMapView1.Legend.LegendEntries.Append(objLE2)
objLE2.LoadData()
GMapView1.Fit()
InputRS = Nothing
AttrPipe = Nothing
totales2 = True
End Sub

Private Sub eliminar_duplicados_totales_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles eliminar_duplicados_totales.Click

```

```

If totales2 = False Then
    MsgBox("Encuentra primero duplicados totales!!!")
    Exit Sub
End If

Dim numero_a_borrar As Integer
Dim id_para_borrar(OutputRS.RecordCount) As Integer
Dim i As Integer

'Numero de identidades a borrar
numero_a_borrar = (OutputRS.RecordCount / 2)

'Encontramos ID de las parcelas que hay que borrar
OutputRS.MoveFirst()
For i = 1 To numero_a_borrar
    id_para_borrar(i) = OutputRS.GFields("ID").value
    OutputRS.MoveNext()
Next

'Borramos las parcelas con las IDs identificadas en el paso anterior
objLEcatastro.InputRecordset.MoveFirst()
For i = 1 To numero_a_borrar
    objLEcatastro.InputRecordset.MoveFirst()
    Do While Not objLEcatastro.InputRecordset.EOF
        If objLEcatastro.InputRecordset.GFields("ID").value = id_para_borrar(i)
            Then
                objLEcatastro.InputRecordset.Delete()
            End If
        objLEcatastro.InputRecordset.MoveNext()
    Loop
Next

' Definir estilo
Dim objStyleService As New PView.StyleService
Dim objstyle As PView.StyleDefinition = Nothing
objStyleService.GetStyle("Area Style", objstyle)

'Especificar color y anchura de borde
Dim objstyleB As PView.StyleDefinition
objstyleB = objstyle.StyleDefinitions(0).StyleDefinitions(0)
objstyleB.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertywidth).value = 35
objstyleB.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyColor).value =
RGB(0, 0, 100)

' Especificar color de relleno
Dim objstyleF As PView.StyleDefinition
objstyleF = objstyle.StyleDefinitions(1).StyleDefinitions(0)
objstyleF.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyColor).value =
RGB(227, 242, 201)

' Mostrar el catastro despues de borrar los duplicados totales
objLE3 = CreateObject("GeoMedia.LegendEntry")
With objLE3
    .InputRecordset = objLEcatastro.InputRecordset
    .GeometryFieldName = "Geometry"
    .Style = objstyle
    .Title = "Catastro sin duplicados totales"
End With

GMMMapView1.Legend.LegendEntries.Append(objLE3)
objLE3.LoadData()
GMMMapView1.Refresh()
GMMMapView1.Fit()
eliminar3 = True
End Sub

Private Sub Encontrar_solapes_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Encontrar_solapes.Click

    If eliminar3 = False Then
        MsgBox("Es necesario hacer primero eliminación de duplicados totales!")
    End If
End Sub

```

```

Exit Sub
End If

' Fijar los parametros SpatialIntersectionPipe
With objQry1
    .LeftRecordset = objLE3.InputRecordset
    .LeftGeometryFieldName = objLE3.GeometryFieldName
    .RightRecordset = objLE3.InputRecordset
    .RightGeometryFieldName = objLE3.GeometryFieldName
    .OutputGeometryFieldName = "OutputGeometry"
    .SpatialOperator = PPipe.SQConstants.gmsqOverlap
    .OutputStatusFieldName = "status"
End With

' Definir estilo
Dim objStyleService As New PView.StyleService
Dim objstyle As PView.StyleDefinition = Nothing
objStyleService.GetStyle("Area Style", objstyle)

' Especificar color y anchura de borde
Dim objstyleB As PView.StyleDefinition
objstyleB = objstyle.StyleDefinitions(0).StyleDefinitions(0)
objstyleB.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyWidth).value = 35
objstyleB.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyColor).value =
RGB(0, 0, 100)

' Especificar color de relleno
Dim objstyleF As PView.StyleDefinition
objstyleF = objstyle.StyleDefinitions(1).StyleDefinitions(0)
objstyleF.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyColor).value =
RGB(251, 246, 42)

' Mostrar el resultado de la Interseccion Espacial
objLE4 = CreateObject("GeoMedia.LegendEntry")
With objLE4
    .InputRecordset = objQry1.OutputRecordset
    .GeometryFieldName = objQry1.OutputGeometryFieldName
    .Style = objstyle
    .Title = "Resultado de Interseccion 2"
End With

GMMapView1.Legend.LegendEntries.Append(objLE4)
objLE4.LoadData()
GMMapView1.Fit()

' Buscar Solapes
InputRS2 = objQry1.OutputRecordset
AttrPipe2.Filter = "ID <> ID2"
AttrPipe2.InputRecordset = InputRS2
OutputRS2 = AttrPipe2.OutputRecordset

' Definir el estilo
Dim objStyleService1 As New PView.StyleService
Dim objstyle1 As PView.StyleDefinition = Nothing
objStyleService1.GetStyle("Area Style", objstyle1)

' Especificar color y anchura de borde
Dim objstyleB1 As PView.StyleDefinition
objstyleB1 = objstyle1.StyleDefinitions(0).StyleDefinitions(0)

objstyleB1.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyWidth).value = 35
objstyleB1.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyColor).value =
RGB(0, 0, 100)

' Especificar color de relleno
Dim objstyleF1 As PView.StyleDefinition
objstyleF1 = objstyle1.StyleDefinitions(1).StyleDefinitions(0)
objstyleF1.StyleProperties(PView.StylePropertyConstants.gmgroPropertyColor).value =
RGB(231, 49, 101)

' Mostrar el resultado de filtro de Duplicados Parciales

```

```

objLE5 = CreateObject("GeoMedia.LegendEntry")
with objLE5
    .InputRecordset = OutputRS2
    .GeometryFieldName = "Geometry"
    .Style = objstyle1
    .Title = "Duplicados Parciales"
End with

GMapView1.Legend.LegendEntries.Append(objLE5)
objLE5.LoadData()
GMapView1.Fit()
InputRS2 = Nothing
AttrPipe2 = Nothing

'Hacer zoom a la zona de solapes
Dim objGeom As Object = Nothing

' Extraer uno del los solapes
Dim objGSS As PClient.GeometryStorageService
objGSS = CreateObject("GeoMedia.GeometryStorageService")
objGSS.GetGeometry(OutputRS2.GFields("Geometry"), objGeom)

' Encontrar el alcance de geometria
Dim objPntLow As New PBasic.point
Dim objPntHigh As New PBasic.point
Dim objGMS As GeoMathSvc.GeoMathService
objGMS = CreateObject("Geomedia.GeoMathService")
objGMS.GetRange(objGeom, objPntLow, objPntHigh)

' Set MapView range
GMapView1.ZoomArea(objPntLow.X * 1.0002, objPntLow.Y, 0, objPntHigh.X *
0.9998, objPntHigh.Y, 0)
GMapView1.Legend.LegendEntries(1).DisplayMode =
PView.DisplayModeConstants.gmlDisplayModeOff
GMapView1.Legend.LegendEntries(2).DisplayMode =
PView.DisplayModeConstants.gmlDisplayModeOff
GMapView1.Legend.LegendEntries(3).DisplayMode =
PView.DisplayModeConstants.gmlDisplayModeOff
GMapView1.Legend.LegendEntries(4).DisplayMode =
PView.DisplayModeConstants.gmlDisplayModeOff
GMapView1.Legend.LegendEntries(5).DisplayMode =
PView.DisplayModeConstants.gmlDisplayModeOff
End Sub

Private Sub Salir(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Salir1.Click
    'Cerrar la ventana de aplicación
    Close()
    GC.Collect()
    GC.WaitForPendingFinalizers()
End Sub
End Class

```