



Universidad Pública de Navarra

Integración de ortofotografía digital en sistemas de información geográfica y su aplicación a la revisión de la superficie catastral rústica

Jacinto Santamaría Peña

Tesis de Doctorado

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Director: Dr. D. Rafael García Santos

2001



UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

TESIS DOCTORAL

BIBLIOTECA VIRTUAL

Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural

*Integración de Ortofotografía Digital en Sistemas de
Información Geográfica y su aplicación a la revisión de
la superficie catastral rústica*

AUTOR: D. Jacinto Santamaría Peña.

DIRECTOR: Dr. D. Rafael García Santos.

En Logroño, a 15 de Septiembre de 2001

*A mi mujer Elena y a mis hijas Marta y Teresa,
que han sufrido y disfrutado junto a mi,
mientras he realizado este trabajo.*



Agradecimientos

Al Profesor de la Universidad de La Rioja y Técnico del Centro de Gestión Catastral de La Rioja, D. Teófilo Sanz Méndez, por su inestimable ayuda para la ejecución de los trabajos previos de campo y suministro de la información básica de partida necesaria.

Al Profesor del Departamento de Matemáticas y Computación de la Universidad de La Rioja, Dr. D. Juan Carlos Fillat Ballesteros, por haber conseguido que al final viese una luz en el entramado y complejo mundo de los datos estadísticos y la significación de los mismos.

Al Sr. D. Fernando Serrano Martínez, Coordinador de Área de la Subdirección General de Catastros Inmobiliarios (Dirección General del Catastro), porque, aun sin conocerle personalmente, sus opiniones y consejos en relación con la renovación del Catastro de Rústica en España fueron un revulsivo para seguir trabajando en esta línea de investigación.

A todos mis compañeros en el Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la Universidad de la Rioja, unas veces por los ánimos e interés mostrado en la evolución de los trabajos y otras, por liberarme de responsabilidades para que pudiera dedicarme al máximo a mi Tesis, que ahora es de todos.

A mi Director de Tesis, Dr. D. Rafael García Santos, por haberme aceptado este tema de Tesis y haber confiado en mis posibilidades para desarrollarlo.

BIBLIOTECA VIRTUAL



INDICE



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	3
1.2. Justificación	4
1.3. Objetivos	6
1.4. Estructura	8
1.5. Estado del arte en la temática que se propone	10
2. LA ORTOFOTOGRAFÍA DIGITAL	15
2.1. Antecedentes	17
2.2. Definiciones	20
2.3. Proceso de obtención de la ortofotografía digital	22
2.3.1. El vuelo fotogramétrico	22
2.3.2. La digitalización de negativos	24
2.3.3. La aerotriangulación digital	26
2.3.4. Obtención automática del modelo digital del terreno	27
2.3.5. Generación de la ortofoto digital	27
2.4. Formatos de imagen digital	30
2.4.1. El formato de imagen TIFF	30
2.4.2. Otros formatos de imagen	32
2.5. Compresión de formatos de imagen	33
2.5.1. El formato de compresión JPEG	33
2.5.2. Modernos formatos de compresión de imágenes	34
3. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	39
3.1. Introducción	41
3.2. Definiciones	42
3.3. Evolución histórica	45
3.4. Funciones	47
3.5. Tipos de Sistemas de Información Geográfica	49
3.5.1. Los GIS raster	50
3.5.2. Los GIS vectoriales	52
3.5.3. Otros tipos de GIS	55
3.6. Elección de un GIS	56
3.7. Adaptación del GIS vectorial a la gestión de la información catastral	58



4. INTEGRACIÓN DE ORTOFOTOGRAFÍA DIGITAL EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	61
4.1. Introducción	63
4.2. Objetivos de la integración	64
4.3. Requerimientos para la Ortofotografía Digital	65
4.4. Requerimientos del Sistema de Información Geográfica	68
4.5. El procesamiento digital de imágenes en un SIG	69
4.6. Requerimientos del hardware	72
4.7. Georreferenciación y Registro de Ortofotografías Digitales	73
4.7.1. Sistemas de georreferenciación	74
4.7.2. El formato GEOTIFF	75
4.8. Tendencias de futuro de la integración de imágenes digitales en GIS	76
5. LA REVISIÓN DEL CATASTRO DE RÚSTICA	79
5.1. Introducción	81
5.2. Conceptos sobre el Catastro y la revisión catastral	82
5.2.1. La parcela catastral	83
5.2.2. La superficie catastral	84
5.3. Antecedentes históricos del Catastro	86
5.3.1. La historia reciente en el Catastro de Rústica	88
5.4. Situación actual del Catastro de rústica	91
5.4.1. Marco actual de los procesos de renovación catastral rústica	92
5.4.2. Datos recientes sobre obtención de ortofotografías	96
5.4.3. Datos recientes sobre las renovaciones catastrales	97
5.5. Situación actual del Catastro de rústica en La Rioja	99
5.6. Metodología utilizada para la renovación catastral rústica	102
5.6.1. Prescripciones técnicas de las Ortofotografías que sirvan de base cartográfica en los procesos de revisión catastral rústica	103
5.6.2. Prescripciones técnicas de los trabajos de actualización y digitalización del Catastro de Rústica	108
5.7. Tendencias en los procesos de renovación catastral rústica	111
6. MATERIAL Y MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE CATASTRAL RÚSTICA. APLICACIÓN A UN CASO CONCRETO	115
6.1. Introducción	117
6.1.1. Problemática a resolver	118
6.1.2. Previsión de necesidades	122
6.1.3. Exigencias de precisión	124
6.1.4. Elección de la zona de actuación	127

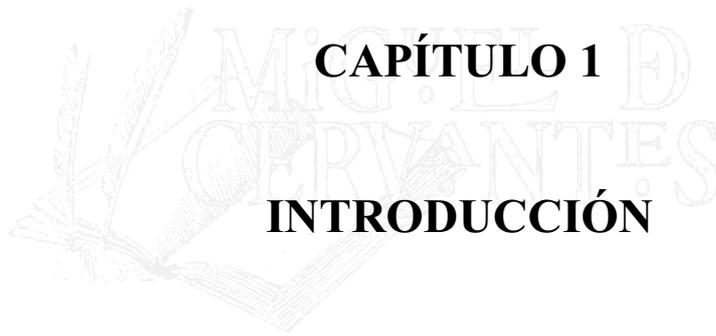


6.2.	Materiales a utilizar	133
6.2.1.	Ortofotografías Digitales	133
	<i>Ortofotografía Digital de la Dirección General del Medio Natural de la Comunidad Autónoma de La Rioja</i>	<i>135</i>
	<i>Ortofotografía Digital del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación</i>	<i>136</i>
	<i>Ortofotografía Digital de la Dirección General del Catastro</i>	<i>138</i>
6.2.2.	Planos Catastrales	139
6.2.3.	Cartografía 1:5.000	140
6.2.4.	Equipos Topográficos	141
6.2.4.1.	Características de la Estación Total	143
6.2.5.	Software a utilizar	145
	Microstation [®] SE	145
	Geomedia [®] Profesional	147
	Microsoft [®] Access	149
	SPSS [®]	151
6.2.6.	Hardware utilizado	152
6.2.7.	Periféricos de digitalización	153
6.3.	Metodología	155
6.3.1.	Planteamiento General	155
6.3.2.	Sistemas de digitalización	157
6.3.2.1.	Digitalización de Planos de Catastro	157
6.3.2.2.	Digitalización sobre ortofotografía digital	160
6.3.2.2.1.	Digitalización con Microstation	162
6.3.2.2.2.	Digitalización con Geomedia	163
6.3.3.	Nivel de visualización durante la digitalización	164
6.3.4.	Uso de formatos comprimidos en la digitalización de ortofotos	165
6.3.5.	Indefinición en los niveles digitales de los linderos	167
6.3.6.	Métodos Topográficos	169
6.3.7.	Definición de los errores en la superficie catastral	175
	<i>Error superficial absoluto [ESA]</i>	<i>176</i>
	<i>Error superficial relativo [ESR]</i>	<i>177</i>
	<i>Error superficial relativo medio [ESRM]</i>	<i>178</i>
	<i>Valor Absoluto del Error Superficial Relativo</i>	<i>179</i>
	<i>Indice del Error Superficial del Lindero [IESL] o Indice de Indeterminación del Lindero [IIL]</i>	<i>179</i>
6.3.8.	Metodología en el estudio estadístico	181
6.3.9.	Flujo de trabajo	183
7.	ESTUDIO ESTADÍSTICO	185
7.1.	Introducción	187
7.2.	Variables en el desarrollo experimental	188



7.2.1. Objetivo 1: <i>Comprobación del grado de concordancia entre la Base de Datos de Catastro y la superficie deducida de la digitalización de los propios planos catastrales</i>	189
7.2.2. Objetivo 2: <i>Determinar la relación entre la superficie agraria de las parcelas obtenida por levantamiento topográfico y las superficies existentes en la base de datos de Catastro o en los Planos catastrales</i>	197
7.2.3. Objetivo 3: <i>Estudiar qué relación existe entre las superficies catastrales obtenidas por digitalización en pantalla sobre ortofoto digital y las superficies existentes en la base de datos de Catastro o en los planos catastrales</i>	208
7.2.4. Objetivo 4: <i>Estudiar las diferencias entre las superficies catastrales digitalizadas en pantalla sobre ortofoto y las superficies agrarias obtenidas por levantamiento topográfico en campo</i>	219
7.2.5. Objetivo 5: <i>Determinar si se obtiene mayor precisión en la digitalización sobre ortofotografía de 0,25 m/pixel o sobre ortofotografía de 1 m/pixel</i>	224
7.2.6. Objetivo 6: <i>Estudiar cómo influye el nivel de visualización de la ortofotografía durante la digitalización en pantalla, en la obtención de la superficie catastral</i>	231
7.2.7. Objetivo 7: <i>Determinar las limitaciones en el uso de formatos comprimidos de imagen en la digitalización en pantalla de ortofotografías digitales</i>	238
7.2.8. Objetivo 8: <i>Estudiar la influencia de las infraestructuras viales en los errores superficiales de las parcelas agrícolas</i>	243
7.2.9. Objetivo 9: <i>Comprobar si los errores superficiales de las parcelas catastrales se distribuyen de igual manera en las fincas pequeñas y en las grandes</i>	250
8. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	255
8.1. Resultados	257
8.2. Conclusiones	261
8.3. Aportaciones originales	263
8.4. Nuevas líneas de investigación	264
Bibliografía	265
Índice de Figuras	283
Apéndices	285

BIBLIOTECA VIRTUAL



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN



1.1 Introducción

En los procesos de revisión catastral realizados por la Dirección General del Catastro sobre terrenos rústicos, es fundamental determinar, lo más exacto posible, la superficie de las parcelas. Para llevar a cabo estos procesos de renovación catastral rústica, actualmente se utilizan ortofotografías digitales obtenidas a partir de fotografía aérea.

La obtención de estas ortofotografías digitales ha sufrido una gran evolución en los últimos años, pasando de metodologías puramente analíticas, a las actuales que son casi totalmente digitales. La ortofotografía digital es en esencia una imagen, pero dada su orientación y utilidad básicamente geográfica, es muy importante en ella su precisión geométrica y su exactitud radiométrica [Höhle, 1996]. Es decir, la información semántica que nos brinda la ortofoto debe ser fiel reflejo de la realidad existente y además, las entidades que se representan, deben estar localizadas en su posición correcta.

Para la deducción de la superficie catastral rústica de las parcelas a través de las ortofotografías digitales, es necesario previamente la integración de éstas en un Sistema de Información Geográfica y la digitalización de los perímetros de las fincas. La precisión en la definición geométrica de dichos perímetros va a influir decisivamente en la calidad del valor que expresa la superficie catastral.

Por otro lado, la superficie agraria de las fincas rústicas puede ser obtenida por levantamientos topográficos directos sobre el terreno, bien utilizando métodos clásicos o por los modernos sistemas G.P.S. En muy raras ocasiones, la superficie agraria de una parcela coincide con la superficie catastral, por muy preciso que se quiera ser durante la digitalización en pantalla de las ortofotografías digitales.

En esta Tesis, precisamente se va a intentar profundizar en la problemática de la determinación de la superficie catastral rústica, poniendo de manifiesto sus condicionantes y evidenciando sus limitaciones.



1.2 Justificación

La investigación que se propone y que finalmente se desarrolla a lo largo de esta Tesis, tiene su justificación en el necesario acercamiento entre el valor de la superficie agraria de las parcelas rústicas y la superficie catastral.

Hasta que se tiene la superficie catastral de una parcela, se atraviesan una serie de procesos técnicos (obtención de ortofotografía digital, integración en Sistema de Información Geográfica, digitalización en pantalla, ...), cada uno de los cuales va acumulando cierto grado de imprecisión al valor final de dicha superficie catastral. Por ello, en esta Tesis se deberán estudiar todos estos procesos, haciendo especial hincapié en aquellos aspectos que más puedan influir posteriormente en el valor de la superficie catastral de las fincas rústicas.

Además, es interesante caracterizar adecuadamente los errores superficiales que aparecen entre la superficie agraria y la superficie catastral. Deberán por tanto estudiarse los parámetros más adecuados y más significativos que definan a estos errores, para ser aplicados a los estudios estadísticos a realizar.

La metodología que actualmente se utiliza para la obtención de la superficie catastral rústica es fruto de la evolución de otras metodologías anteriores. Por otro lado, la tecnología está en constante desarrollo y los procesos de renovación catastral no son ajenos a ello. Los modernos avances en los procesos fotogramétricos digitales, el desarrollo de potente software y hardware, la evolución vertiginosa de las técnicas de procesamiento digital de imágenes, la capacidad de gestión y análisis de los actuales Sistemas de Información Geográfica, etc., son buenas pruebas de ello. Estas tecnologías, en los últimos años, están afectando en gran medida a los procesos de renovación catastral rústica y son incorporadas con el objeto de conseguir más agilidad y precisión. Deberán ser estudiados en esta Tesis los efectos del uso de estas nuevas tecnologías en los errores



superficiales y las nuevas tendencias que hoy en día se vislumbran como posibles herramientas a incorporar en los procesos de obtención de la superficie catastral rústica (uso de cámaras digitales en los vuelos fotogramétricos, uso de técnicas de teledetección, uso de formatos comprimidos de imagen,...).

Otro razonamiento que justifica el desarrollo de este tipo de investigaciones sobre la actual precisión de la superficie catastral rústica, es la propia importancia económica que se deriva de este hecho. De todos es conocido que el valor catastral de las parcelas viene dado por una serie de características, entre las que destaca la superficie catastral. En España hay unos 50.000.000 Has. de fincas rústicas y la contribución territorial que se recauda a partir de ellas supone unos 25.000 Millones de pesetas (150 Millones de Euros) cada año. Un simple error en la estimación global de la superficie catastral de un 1 %, representaría a nivel nacional un error en la recaudación de 250 Millones de pesetas (1,5 Millones de Euros) anuales. A nivel de parcela individual, son muchos los casos en los que este error del 1 % se supera y muy ampliamente. Conviene por tanto estudiar cuáles son los factores que pueden condicionar el aumento de estos errores superficiales, para fijar metodologías que controlen y minimicen sus efectos negativos.

En este mismo sentido, otro razonamiento que justifica la temática planteada en esta Tesis, es el gran número de conflictos entre particulares que genera el hecho de no coincidir la superficie catastral con la superficie agraria de las fincas rústicas. Muchos procedimientos judiciales de deslinde y amojonamiento, modificación de linderos, invasión de superficies colindantes, etc., que se interponen en los Juzgados, tienen su origen en la definición geométrica inexacta de la finca catastral [García-Cuerva, 1995]. Y esta definición geométrica, por lo general, se realiza en los procesos de renovación rústica que lleva a cabo la Dirección General del Catastro. Por ello, es importante estudiar qué precisiones se consiguen con las técnicas utilizadas y conocer las limitaciones de aplicación de los resultados.



1.3 Objetivos

Una vez planteados los distintos razonamientos para iniciar el estudio de las superficies catastrales obtenidas a partir de ortofotografías digitales integradas en un Sistema de Información Geográfica, conviene fijar unos objetivos claros para ser abordados en esta Tesis.

Teniendo en cuenta los antecedentes expuestos, como objetivos generales se podrían establecer los siguientes:

- Determinar las características geométricas y radiométricas de las ortofotografías digitales que pueden influir en la obtención de la superficie catastral rústica.
- Estudio de la calidad de los distintos materiales ortofotográficos disponibles, para la obtención de la superficie catastral rústica.
- Estudio de la adecuación de los distintos Sistemas de Información Geográfica a la resolución de la problemática expuesta.
- Analizar las técnicas de integración de las ortofotografías digitales en los Sistemas de Información Geográfica, especialmente en lo que se refiere a los procesos de georreferenciación.
- Estudiar las distintas metodologías de digitalización en pantalla sobre ortofotografía digital, considerando las distintas variables que pueden intervenir en la obtención de los errores superficiales.
- Buscar las principales causas que provocan los errores superficiales catastrales, definiendo la significación de las variables que intervienen y sus tendencias.
- Estimar los errores superficiales que es necesario asumir por el uso de las técnicas de revisión catastral rústica que hoy en día se aplican.



Reconociendo lo ambicioso de los objetivos generales anteriormente expuestos y siendo necesario un adecuado desarrollo experimental que apoye las conclusiones alcanzadas, se pueden enumerar los siguientes objetivos más concretos:

- Determinación de la inconsistencia entre las bases de datos catastrales y los planos de Catastro.
- Determinación de los errores entre las superficies agrarias de las fincas rústicas y las superficies catastrales.
- Determinación de los errores entre las superficies obtenidas por digitalización sobre ortofotografía digital y las superficies agrarias de las parcelas.
- Estudiar la influencia de distintas metodologías de digitalización en los errores superficiales obtenidos.
- Analizar la influencia de las distintas resoluciones geométricas de la ortofotografía digital en la obtención de los errores superficiales.
- Estudiar los límites en la compresión de imágenes digitales, para que los errores superficiales no sean excesivamente elevados.
- Establecer si existe alguna relación entre el tipo de vía a la cual lindan las parcelas rústicas y el error superficial catastral que dicha parcela tiene.
- Determinar si existe alguna relación entre el tamaño de las parcelas y los errores que se obtienen durante la digitalización en pantalla de las ortofotografías digitales.
- Establecer la utilidad práctica de los distintos parámetros que se usan para la definición de los errores superficiales catastrales.



Todos estos objetivos, generales y concretos, van a ser abordados en esta Tesis a través de un adecuado desarrollo teórico y experimental, utilizando los medios materiales y metodologías hoy disponibles, y con la pretensión de obtener unas conclusiones fiables y prácticas.

1.4 Estructura

Después de desarrollar el presente Capítulo de introducción, se considera oportuno iniciar esta Tesis con el estudio del principal material utilizado en ella: la ortofotografía digital. En el Capítulo 2, se describirá el proceso de obtención y sus características fundamentales, que después van a influir en la realización de los ensayos correspondientes a la parte experimental.

A continuación y como Capítulo 3, se estudiarán los Sistemas de Información Geográfica, como herramienta básica a utilizar para la gestión y análisis de la información relativa a la superficie catastral. Se pondrá especial énfasis en la elección del SIG más adecuado para los propósitos de la Tesis y en el estudio de la adecuación del SIG adoptado para la gestión de la información catastral.

En el Capítulo 4, se analizará la problemática de la integración de la ortofotografía digital en los Sistemas de Información Geográfica, estableciendo los requerimientos básicos de ambos y definiendo los sistemas de georreferenciación existentes y los que se van a utilizar.

La obtención de la superficie catastral de las fincas rústicas es uno de los objetivos de los procesos de renovación del Catastro. Por ello, en el Capítulo 5, se describirá la situación actual del Catastro de Rústica en España y en La Rioja y la forma en que hoy en día se llevan a cabo las revisiones catastrales de rústica. Asimismo, se intentará relacionar la situación actual con la situación del pasado y con las tendencias de futuro, haciendo especial hincapié en la influencia de las nuevas tecnologías.



En el Capítulo 6 de esta Tesis, se va a tratar la metodología a aplicar tanto para la determinación de la superficie catastral de las parcelas rústicas, a través de la digitalización en pantalla de las ortofotografías digitales, como de la superficie agraria, mediante levantamiento topográfico de las mismas. Se justificará igualmente la elección de los distintos materiales y equipos usados, así como el software y hardware que ha sido necesario utilizar. También se indicará en este Capítulo la metodología a seguir para el desarrollo de la fase experimental de esta Tesis y los parámetros y estrategias a utilizar en el estudio estadístico.

Precisamente este estudio estadístico será tratado en el Capítulo 7 y en él se incluirán todos los procesos estadísticos necesarios para el análisis de los resultados de digitalización y levantamientos topográficos realizados. Se establecerán aquellas variables que tengan una buena significación en la temática de los errores superficiales y se aplicarán a los distintos ensayos planteados. Estos ensayos constituyen la verdadera fase experimental de esta Tesis y pretenden dar respuesta a los objetivos establecidos al principio de este Capítulo.

Como Capítulo final, se incluye en esta Tesis el Capítulo 8, dedicado al análisis de resultados y a la formulación de las conclusiones. Partiendo de la información suministrada en el Capítulo 7 se estará en condiciones de describir y contrastar los resultados obtenidos y a partir de éstos, llegar a unas conclusiones finales. También se incluirá dentro de este Capítulo un apartado en el cual se describan las aportaciones más significativas de esta Tesis en el campo de la cartografía catastral rústica y las posibles líneas de investigación que aún quedan abiertas.

Como parte final, se incluirá la Bibliografía referenciada y/o utilizada a lo largo del desarrollo de esta Tesis y se adjuntarán los Apéndices necesarios que complementen alguno de los aspectos tratados en los distintos Capítulos.



1.5 Estado del arte en la temática que se propone.

El tema tratado en esta Tesis intenta conjugar tres elementos fundamentales: la ortofotografía digital, los Sistemas de Información Geográfica y los errores superficiales a la hora de obtener la superficie catastral rústica. A pesar de ser un tema de total actualidad, apenas pueden encontrarse referencias directas conjuntas en la bibliografía. Sí aparecen referencias aisladas de cada uno de ellos, abordando otras temáticas.

Para iniciar esta investigación se ha acudido primeramente a los principales servidores de bases de datos bibliográficas, como son los siguientes: GEOREF, PASCAL, NTIS, Ei Compendex, UNCOVER, SWETSNET, GEOBASE e INSPEC. Estas bases de datos engloban los índices de las principales revistas a nivel internacional, relacionadas con los tres temas propuestos. Las búsquedas se realizaron para referencias aparecidas con posterioridad a 1990, intentando localizar las publicaciones más recientes que utilicen o desarrollen las últimas tecnologías en estos campos.

Las principales revistas en las cuales se hallaron referencias sobre la temática de esta Tesis, son las siguientes:

	<u>Ref.</u>	<u>%</u>
<i>Earth Observation Magazine</i>	10.....	8,3 %
<i>Photogrammetric Engineering & Remote Sensing</i>	9.....	7,5 %
<i>GIS/LIS Proceedings</i>	7.....	5,8 %
<i>URISA Proceedings</i>	6.....	5,0 %
<i>GIS World</i>	5.....	4,2 %
<i>Geomatica</i>	3.....	2,5 %
<i>URISA Journal</i>	3.....	2,5 %
<i>ITC Journal</i>	3.....	2,5 %
<i>Geomatics Info Magazine</i>	3.....	2,5 %
<i>Surveying & Land Information Systems</i>	2.....	1,6 %

A nivel nacional, se han encontrado importantes referencias, agrupadas fundamentalmente en tres publicaciones periódicas:

<i>Mapping</i>	14.....	11,6 %
<i>Actas del Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica</i>	8.....	6,7 %
<i>Topografía y Cartografía</i>	7.....	5,8 %



Destaca el creciente interés en el ámbito nacional por la temática de la ortofotografía digital, fundamentalmente en lo que se refiere al proceso de producción y a la precisión y calidad de los materiales obtenidos. Se han creado grupos importantes en este campo, destacando los de la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad Politécnica de Valencia. También existen otros grupos en la Universidad de Jaén, en la Universidad de Cantabria y en la Universidad de Córdoba. La mayoría de ellos se han desarrollado por la consolidación de Cátedras en las Escuelas de Geodesia y Cartografía y en las Escuelas de Ingenieros Agrónomos.

Las referencias internacionales, lo cierto es que tienden a ser más genéricas en la temática, destacando las publicaciones en relación a los cuadrantes ortofotográficos de Estados Unidos (DOQs) y su aplicación a la actualización cartográfica y planeamiento de distintas regiones del país. También aparecen en ellas algunos artículos sobre la problemática de la integración de la imagen digital en los Sistemas de Información Geográfica, describiendo los problemas encontrados al intentar aplicar esta tecnología a zonas concretas. La aplicación a temas catastrales es prácticamente inexistente.

Pero, a pesar de estas importantes referencias encontradas, la conjunción de ortofotografías digitales y Sistemas de Información Geográfica para la actualización de la cartografía catastral, ha sido escasamente abordada de forma directa. Recientemente (Junio-2001) se celebró en Budapest (Hungría) el European Union Workshop sobre los datos catastrales como componentes de la infraestructura de datos espaciales en los programas agroambientales. En este Workshop, se abordaron los problemas específicos de incorporación de las nuevas tecnologías (imágenes digitales, informatización de bases de datos, GIS, ...) en los procesos de actualización catastral, con objeto de difundir el uso de los datos catastrales y de aumentar la precisión de los mismos. Para los próximos años los objetivos son la consolidación en el ámbito europeo del denominado “Catastro Digital” y el establecimiento de protocolos y estándares para la



producción e intercambio de la información catastral. Se reconoce también, que cada vez serán mayores las referencias en relación al llamado “*catastro multi-propósito*” y al uso de datos catastrales para el control de las políticas comunitarias.

En cuanto a Tesis Doctorales defendidas en España en la última década y relacionadas directamente con la temática de esta investigación, es preciso destacar tres de ellas:

- “*Ortofotografía Digital: Métodos, Precisiones y Aplicaciones en la Ingeniería Rural*”, cuya autora es la Dra. Cristina Velilla Lucini y que fue dirigida por el Prof. Dr. D. F.J. Salinas González y defendida en la Universidad Politécnica de Madrid en el año 1998. Se analizan en ella con extraordinaria profundidad las distintas fases del proceso de generación de ortofotos digitales y se definen las precisiones y tolerancias planimétricas de este material para aplicaciones en la Ingeniería Rural.
- “*Cartografía Catastral*”, cuyo autor es el Dr. José Luis Verné Valero y que fue dirigida por el Prof. Dr. D. Manuel Chueca Pazos y defendida en la Universidad Politécnica de Valencia en el año 1995. En esta Tesis Doctoral se analizan las distintas técnicas de producción y confección de la cartografía catastral en España, justificando el uso de la ortofotografía como material más adecuado y proponiendo el establecimiento de redes topográficas de 4º Orden específicamente catastrales.
- “*Propuesta Metodológica para la Renovación del Catastro de Rústica*”, cuyo autor es el Dr. J.M. Meroño de Larriva y que fue dirigida por el Prof. Dr. D. Manuel Sánchez de La Orden y defendida en la Universidad de Córdoba en el año 1993. Esta Tesis Doctoral estudia las nuevas tecnologías en la producción cartográfica y en el tratamiento de la información catastral rústica, proponiendo metodologías para la clasificación de tierras y su incorporación a un Sistema de Información Territorial.



En relación a los Congresos, destacar los celebrados en España con periodicidad anual (Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica) y cuadrienal (Congresos Nacional de Topografía y Cartografía), que cuentan con Secciones específicas de Topografía, Cartografía y Sistemas de Información Geográfica y que son una referencia constante de obligada consulta para conocer las últimas novedades en puntos concretos de la temática propuesta en esta Tesis.

La aportación de las referencias encontradas en Internet, a pesar de ser éstas bastante abundantes, no ha sido especialmente relevante. La mayoría de las páginas web encontradas se refieren a propuestas comerciales de Compañías que ofrecen sus servicios para desarrollar trabajos fotogramétricos u obtención de ortofotografías digitales, y también páginas de organismos oficiales puramente descriptivas sobre la aplicación de esta tecnología a la planificación del territorio local o disponibilidad de materiales ortofotográficos.

En los últimos años se nota un fuerte incremento en la publicación de libros relacionados con los Sistemas de Información Geográfica y la Imagen Digital, especialmente debido al creciente interés por los productos derivados de la teledetección y sus aplicaciones concretas.

En cuanto al estado del conocimiento en los temas tratados en esta Tesis, destacar la fuerte evolución sufrida en los tres últimos años, sobre todo en relación con las técnicas de obtención de la ortofotografía digital y el desarrollo de su uso en múltiples aplicaciones.

La tecnología en la obtención de ortofotografías digitales está muy desarrollada, siendo hoy los principales retos de la investigación la implantación de las cámaras digitales en el vuelo fotogramétrico, con el desarrollo de sensores muy específicos, y el almacenamiento de la imagen digital en tiempo real. Pero, hoy por hoy, la producción de ortofotografía digital sigue basándose en las cámaras fotogramétricas convencionales, con películas de gran resolución y utilizándose cada vez más el color.



En cuanto a la integración de la ortofotografía digital en los Sistemas de Información Geográfica, la tecnología está muy avanzada, habiéndose conseguido la creación de formatos de imagen con la información de georreferenciación integrada y la implantación de sistemas estándares de geoposicionamiento. Las aplicaciones GIS van incorporando distintas herramientas de procesamiento digital de imágenes y de modelización.

En cuanto a los procesos de renovación catastral, como responsables de la definición de la superficie catastral de las parcelas rústicas, indicar la continua incorporación de las nuevas tecnologías en dichos procesos. Así, ya se ha adoptado como obligatorio por la Dirección General del Catastro, el uso de la ortofotografía digital para las revisiones catastrales rústicas. Además, a partir del año 2.000, los vuelos fotogramétricos contratados se hacen en color y con resoluciones cada vez mayores, lo que posibilita la utilización de mayores escalas y la obtención de mejores precisiones.

Este es el escenario en el cual se pretende desarrollar esta Tesis Doctoral. Se utilizará ortofotografía digital obtenida por las últimas técnicas descritas y se integrará en un Sistema de Información Geográfica sobre el cual se pueda digitalizar en pantalla los perímetros de las fincas rústicas. Este GIS será capaz de gestionar y analizar la información que se vaya generando, en especial la relativa a la definición geométrica de las parcelas (coordenadas X,Y, de los vértices) y a su superficie agraria. Teniendo como base dicha información, se procederá al estudio de los errores superficiales obtenidos con cada una de las variables consideradas y, por fin, a la formulación de las conclusiones pertinentes.

BIBLIOTECA VIRTUAL

CAPÍTULO 2

MIGUEL
CERVANTES

LA ORTOFOTOGRAFÍA DIGITAL



2.1 Antecedentes

La American Society of Photogrammetry (ASP) define la Fotogrametría como el arte, la ciencia y la tecnología orientados a obtener información relevante de los objetos físicos de la corteza terrestre y de su entorno, a través de procesos de medición, registro e interpretación de imágenes fotográficas, así como de patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos [Wolf, 1983].

Una de las principales aplicaciones de la Fotogrametría desde su aparición como ciencia en 1840, ha sido el levantamiento cartográfico de la superficie terrestre y la representación de ésta en mapas planimétricos y/o altimétricos.

Existen diversas clasificaciones de la Fotogrametría, pero tradicionalmente se ha dividido en dos grandes apartados:

- en función del modo de obtención, se habla de fotogrametría terrestre o de fotogrametría aérea. La fotogrametría terrestre se caracteriza por la obtención de fotografía desde el propio terreno, con el eje de la cámara tendiendo a la horizontalidad. En la fotogrametría aérea las fotografías son obtenidas, en general, desde aviones y el eje óptico de la cámara se dispone sensiblemente perpendicular al terreno.
- en función de la finalidad o uso que de ella se realiza, se puede hablar de fotogrametría métrica o fotogrametría interpretativa. Con la primera se pretende realizar mediciones precisas a partir de los fotogramas, localizando los puntos de interés de la forma más exacta posible y obteniendo finalmente planos topográficos. La segunda, denominada comúnmente fotointerpretación, consiste en reconocer e identificar objetos mediante análisis sistemático de las imágenes fotográficas intentando deducir su significado en la realidad.

En muchas ocasiones, cuando se trabaja con fotografías aéreas se realizan simultáneamente ambas tareas, por un lado la métrica y por otro la interpretativa. En esta Tesis, aunque no se trabaja directamente con fotografías aéreas, sí se hace sobre un material directamente derivado de ellas y se combinan ambos procesos para la determinación de los linderos de las fincas rústicas.

La fotografía aérea es el principal material obtenido por la fotogrametría con fines cartográficos y se podría definir como aquella que se obtiene a través de una proyección geométrica central, utilizando una cámara fotográfica que haga pasar por su lente objetivo los rayos de luz en forma directa, impresionando una emulsión fotográfica [Herrera,1987]. Un fotograma, sería la fotografía aérea vertical tomada con una cámara aérea calibrada [López-Cuervo, 1980].

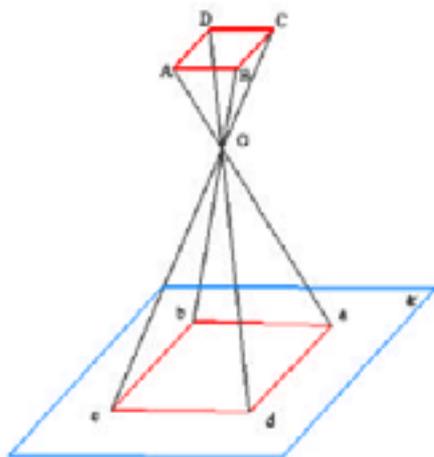


Fig. 2.1 - Proyección central.

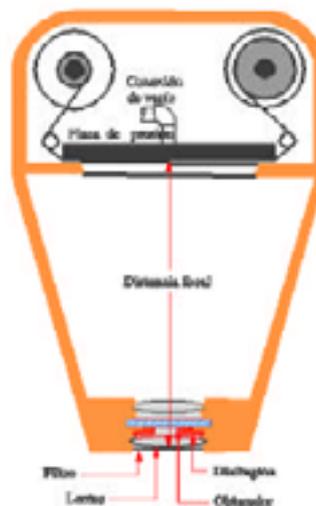


Fig. 2.2 - Cámara fotogramétrica.

Las cámaras fotogramétricas no difieren sustancialmente, desde el punto de vista de su funcionamiento, de las cámaras convencionales. Sin embargo, las fotogramétricas están preparadas para cubrir grandes extensiones de terreno en cada exposición y para obtener la mayor cantidad y calidad posible de información. Utilizan para ello filtros y películas de alta resolución e impresionan clichés de gran formato (23 cm. x 23 cm.). Un componente esencial de las cámaras fotogramétricas es su objetivo, que



está formado por un sistema óptico centrado de lentes de alta luminosidad, de muy alta calidad óptica y que provoca mínimas distorsiones.

El producto más típico de la fotogrametría, obtenido por las cámaras fotogramétricas, es la fotografía aérea vertical, que es una proyección cónica de una porción de superficie terrestre, a la cual se añaden otra serie de elementos propios de las condiciones del vuelo realizado o de la cámara utilizada (ver figura adjunta).

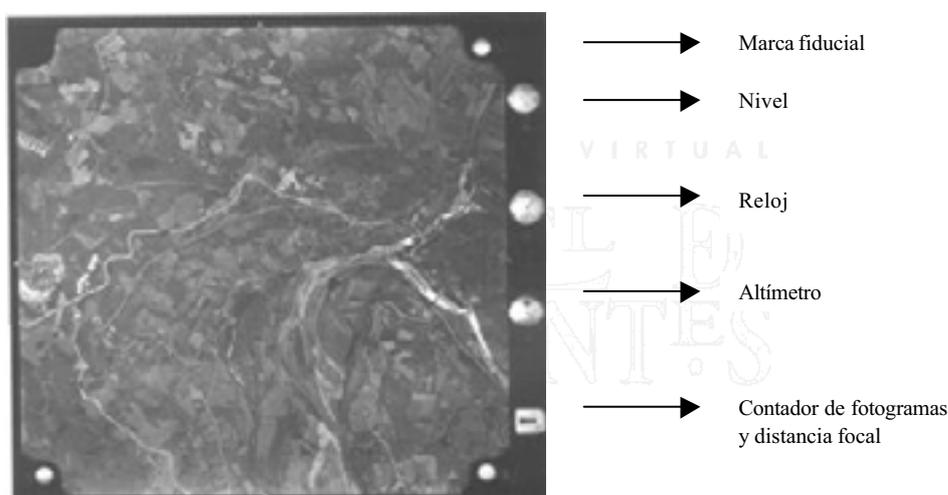


Fig. 2.3 - Fotografía aérea vertical, con información adicional.

La principal consecuencia del hecho de ser la fotografía aérea vertical una proyección central, es que el terreno queda representado en perspectiva cónica, siendo el centro perspectivo el centro de proyección y por tanto no presenta una escala uniforme. Los propios desniveles de la superficie terrestre y la inclinación de la cámara provocan desplazamientos inevitables en los puntos representados, que obligan a considerar la fotografía aérea como un documento planimétricamente impreciso [Parent, 1991].

La imagen fotográfica queda siempre afectada por dos causas de error fundamentales: por un lado, la falta de verticalidad del eje de la toma y por otro, el propio relieve del terreno [Gómez, 1999].



Para poder utilizar las fotografías aéreas como si fueran planos, es preciso eliminar estas deformaciones mediante el paso a una proyección ortogonal [Fernández, 2000], aplicando el proceso de ortoproyección y obteniendo lo que se denomina como ortofotografía. Sobre este material, se pueden medir directamente distancias, ángulos y superficies, del mismo modo que se haría sobre un plano.

La ortofotografía quedaría así definida como aquel producto derivado de la fotografía aérea, que conservando toda la información de ésta, mantiene una escala uniforme en toda su extensión.

2.2 Definiciones

Etimológicamente, la palabra ortofoto proviene de los términos griegos “*orthos*” y “*photos*”, el primero con significado de *recto, derecho, justo* y el segundo relativo a la *luz*. Combinadas ambas raíces, resulta la palabra ortofoto, que hace alusión a una *fotografía corregida*.

Una ortofoto puede definirse como una fotografía que muestra las imágenes de los objetos en su posición ortográfica verdadera [Wolf, 1983], siendo geoméricamente equivalentes a los planos. Su principal diferencia es que las ortofotos son imágenes de los objetos, mientras que los planos utilizan líneas y símbolos.

Otra definición considera las ortofotos como fotografías del terreno rectificadas, que contienen todas las entidades naturales o creadas por el hombre, ocupando la posición cartográfica x, y, verdadera [Manzer, 1995].

En definitiva, muchos son los autores que en los últimos 15 años han intentado definir lo más técnicamente posible el concepto de ortofoto, pero en todos ellos se destaca la idea fundamental de que se trata de un material derivado de las fotografías aéreas sometido a un proceso de rectificación diferencial que elimina las distorsiones provocadas por el relieve del terreno



y la falta de verticalidad del eje de toma de la fotografía. Como producto final de dicho proceso se obtiene una imagen del terreno en proyección ortogonal, con la misma precisión planimétrica que pueda tener un mapa y sobre la que se pueden realizar medidas de distancias, ángulos y superficies, ya que mantiene una escala uniforme en toda su extensión.

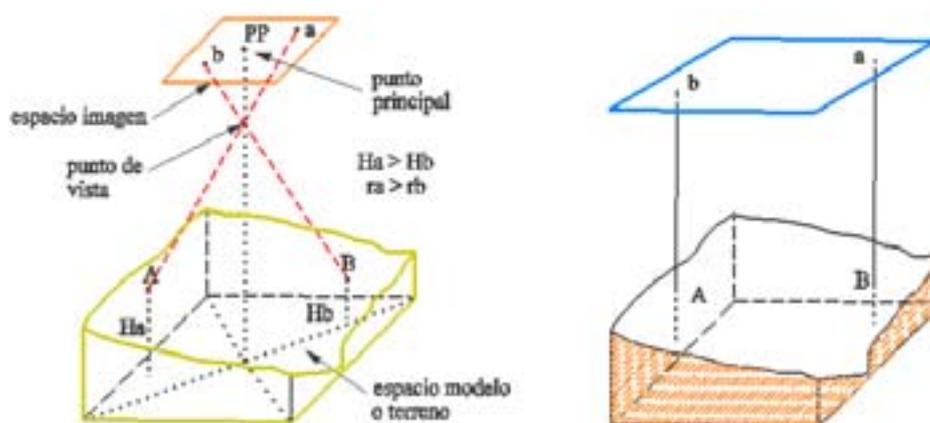


Fig. 2.4 – Fotografía Aérea de Eje Vertical. Concepto de ortoimagen.

En la actualidad puede hablarse de dos tipos de ortofotografía, según el método de obtención de la misma y/o el producto final resultante: la ortofotografía analógica y la ortofotografía digital. En la primera, partiendo de los fotogramas originales del vuelo fotogramétrico y utilizando un procedimiento de rectificación óptica, se obtiene la representación ortofotográfica impresa del terreno. En la segunda, se parte de una imagen digital que proviene generalmente del escaneo de la fotografía aérea original y se obtiene finalmente una nueva imagen que representa la proyección ortogonal del terreno.

Este último material descrito, la ortofotografía digital, será un elemento esencial en el desarrollo de la parte experimental de esta Tesis, por lo que en apartados posteriores será desarrollado su proceso de obtención y se justificará su idoneidad para ser integrado en los Sistemas de Información Geográfica como una capa raster de fondo y ser utilizado para digitalización en pantalla de contornos de entidades.



2.3 Proceso de obtención de la ortofotografía digital.

El objetivo es crear una imagen digital que contenga una representación ortogonal de la superficie terrestre, solventando los problemas que en la fotografía aérea vertical suponen la falta de verticalidad del eje de toma y el propio relieve del terreno.

Desde que se inicia la planificación del vuelo fotogramétrico hasta que se obtiene finalmente la ortofotografía digital, se pueden considerar cinco fases claramente diferenciadas [Gómez, 2001]:

- el vuelo fotogramétrico.
- la digitalización de los negativos o diapositivas.
- aerotriangulación digital.
- obtención automática del modelo digital del terreno.
- generación de la ortofoto digital.

2.3.1 El vuelo fotogramétrico.

Las imágenes digitales de partida se pueden obtener bien directamente en vuelo, utilizando cámaras digitales especialmente diseñadas o escaneando la fotografía aérea convencional. El primer método tiene su principal limitación en la gran cantidad de información que hay que capturar y almacenar, y no está todavía resuelto técnicamente. Para capturas de imágenes en color (24 bit/pixel) sería necesario almacenar más de 1 Gb cada dos segundos en pleno vuelo para igualar las resoluciones que se alcanzan utilizando los negativos tradicionales. Reconociendo que esta metodología es una técnica de futuro, hoy por hoy, los flujos de trabajo en fotogrametría digital se basan en la digitalización de las fotografías aéreas mediante escáneres.

La primera fase a considerar es la planificación del vuelo, que se desarrolla en gabinete sobre la cartografía disponible, determinando las coordenadas teóricas de los centros de proyección. Con la ayuda de un



sistema GPS instalado en el avión se puede planificar la navegación, iniciando las pasadas en los puntos exactos previstos, ejecutando los recubrimientos proyectados y realizando los disparos en las coordenadas (X,Y, Z) calculadas [Gómez, 2001].

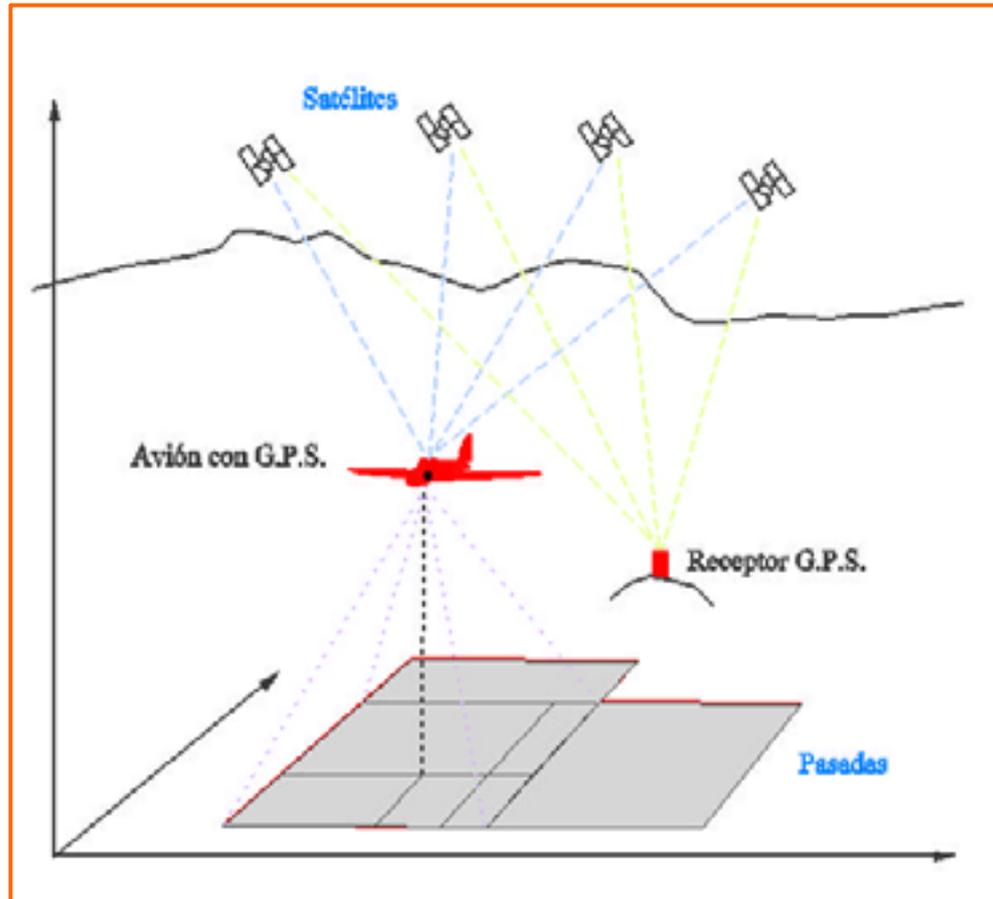


Fig. 2.5 - Esquema de apoyo aéreo cinemático con G.P.S.

La disposición de un sistema GPS en el avión puede utilizarse también para determinar las coordenadas de los centros de proyección, que serán luego importantes en el cálculo de la aerotriangulación. Para asegurar altas precisiones, se contará con un receptor GPS instalado en el avión y otro estacionado en una base de referencia en tierra, aplicando correcciones diferenciales en post-proceso. La cámara envía impulsos al receptor GPS del avión para registrar el momento exacto en que se ha producido el disparo y poder así determinar luego, por interpolación, las coordenadas de los centros de proyección.

2.3.2 La digitalización de negativos.

El objetivo es convertir la imagen analógica que quedó impresionada en la película fotográfica durante el vuelo fotogramétrico en una imagen digital de píxeles. Esta tarea se realiza mediante escáneres fotogramétricos planos de alta precisión y estabilidad, que empezaron a aparecer a partir de 1991 y que todavía hoy son absolutamente imprescindibles en el flujo de trabajo de la fotogrametría digital.

Un escáner fotogramétrico debe cumplir tres condiciones fundamentales [Gruber, 2001]:

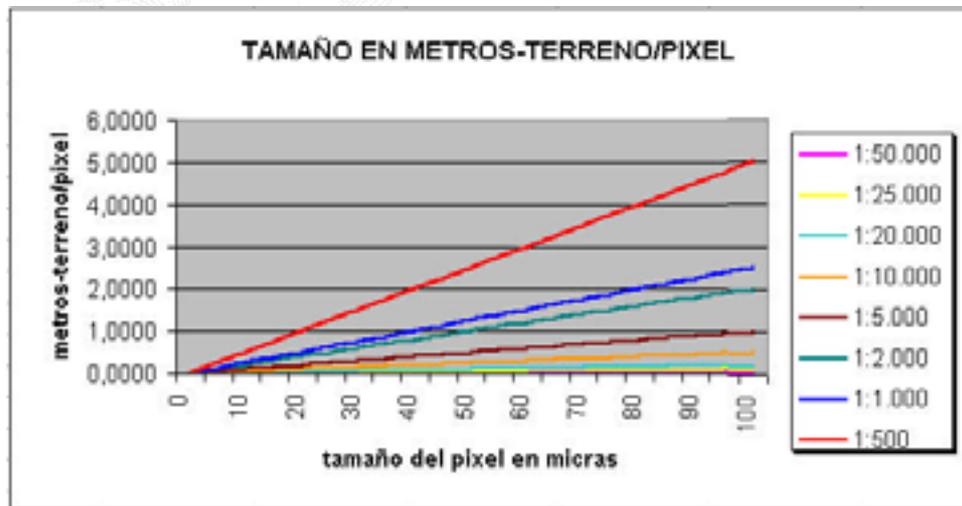
- Su precisión geométrica debe ser superior a +/- 2 micras, para que sea equiparable a la obtenida en los procesos analíticos, y ésta debe mantenerse en el tiempo por medio de sistemas de autocalibración y calibración exterior.
- Su resolución debe ser de al menos 2.540 dpi, es decir, 10 micras por pixel. La elección de la resolución de escaneo vendrá dada por la ampliación de la fotografía original y por el detalle mínimo que se quiera detectar. Las resoluciones más comúnmente utilizadas están entre 15 y 30 micras por pixel. Hay que tener en cuenta que con estas resoluciones se generan ficheros de gran tamaño. A modo de ejemplo, se incluye a continuación un gráfico en el que se representa el tamaño final de los ficheros en formato TIFF para distintas resoluciones de digitalización y para diapositivas de formato 23 cm. x 23cm.





Se observa cómo al superar las 15 micras de resolución, el tamaño de los ficheros se hace exageradamente grande, prácticamente inmanejables hoy por hoy, para un proyecto de tamaño medio. En función de la escala de la diapositiva y de la resolución de escaneo, el terreno queda representado por un pixel de longitud equivalente diferente.

Tamaño en metros del pixel en diapositiva escaneada a distinta resolución y escala									
p.p.p.	metro	1:500	1:1.000	1:2.000	1:5.000	1:10.000	1:20.000	1:50.000	1:100.000
		micras	micras	micras	micras	micras	micras	micras	micras
0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1000	5	0,0005	0,0010	0,0020	0,0050	0,0100	0,0200	0,0500	0,1000
2000	10	0,0010	0,0020	0,0040	0,0100	0,0200	0,0400	0,1000	0,2000
10000	50	0,0050	0,0100	0,0200	0,0500	0,1000	0,2000	0,5000	1,0000
12000	60	0,0060	0,0120	0,0240	0,0600	0,1200	0,2400	0,6000	1,2000
10160	50	0,0050	0,0100	0,0200	0,0500	0,1000	0,2000	0,5000	1,0000
547	30	0,0150	0,0300	0,0600	0,1500	0,3000	0,6000	1,5000	3,0000
736	36	0,0176	0,0350	0,0700	0,1750	0,3500	0,7000	1,7500	3,5000
636	40	0,0200	0,0400	0,0800	0,2000	0,4000	0,8000	2,0000	4,0000
564	45	0,0225	0,0450	0,0900	0,2250	0,4500	0,9000	2,2500	4,5000
509	50	0,0250	0,0500	0,1000	0,2500	0,5000	1,0000	2,5000	5,0000
462	55	0,0275	0,0550	0,1100	0,2750	0,5500	1,1000	2,7500	5,5000
423	60	0,0300	0,0600	0,1200	0,3000	0,6000	1,2000	3,0000	6,0000
391	66	0,0330	0,0660	0,1320	0,3300	0,6600	1,3200	3,3000	6,6000
363	70	0,0350	0,0700	0,1400	0,3500	0,7000	1,4000	3,5000	7,0000
339	75	0,0375	0,0750	0,1500	0,3750	0,7500	1,5000	3,7500	7,5000
318	80	0,0400	0,0800	0,1600	0,4000	0,8000	1,6000	4,0000	8,0000
299	85	0,0425	0,0850	0,1700	0,4250	0,8500	1,7000	4,2500	8,5000
282	90	0,0450	0,0900	0,1800	0,4500	0,9000	1,8000	4,5000	9,0000
267	95	0,0475	0,0950	0,1900	0,4750	0,9500	1,9000	4,7500	9,5000
254	100	0,0500	0,1000	0,2000	0,5000	1,0000	2,0000	5,0000	10,0000



- Debe tener una alta capacidad radiométrica para una reproducción precisa del color. En diapositivas en blanco y negro, cada pixel será definido internamente por el escáner por al menos 10 bit (2^{10} niveles de gris) y en diapositivas en color, este valor se aplicará a cada uno de los colores básicos RGB, rojo, verde y azul ($2^{10} \times 2^{10} \times 2^{10}$).



Los actuales escáneres fotogramétricos suelen ser planos y van provistos de sensores electrónicos CCD en disposición lineal, moviéndose por encima de la imagen de forma continua. Los sensores llevan un sistema propio de refrigeración para evitar calentamientos y los programas internos que los controlan incluyen procedimientos de calibración radiométrica.

2.3.3 La aerotriangulación digital

La aerotriangulación es la técnica fotogramétrica por la que a partir de un número mínimo de puntos de apoyo y mediante mediciones en los fotogramas, se determinan las coordenadas de los puntos de enlace y los parámetros de orientación exterior [Gómez, 1999].

La aerotriangulación digital es el proceso con mayor potencial de automatización dentro del flujo de trabajo de la fotogrametría digital. Se han desarrollado técnicas de medición automática mediante correlación de imágenes («image matching») para la orientación de los modelos y para la explotación del modelo estereoscópico (restitución, modelo digital del terreno). Esta identificación suele consistir en buscar un patrón en la imagen digital o seleccionar un detalle en la imagen original e identificarla en la imagen homóloga.

Existen tres modos básicos de identificación automática de imágenes: el que está basado en áreas, el basado en entidades y el mixto [Wolf, 2000]. El más utilizado en fotogrametría digital es el primero, denominado también método de correlación y se usa por ejemplo para la detección y medición automática de las marcas fiduciales en el fotograma. Una vez observadas éstas, cualquier punto de la imagen queda perfectamente definido por un par de coordenadas (x,y) y por tanto, se tiene lo que se conoce como orientación interior de la imagen.

Para conseguir una métrica absoluta de la imagen es preciso establecer un conjunto de puntos de coordenadas terreno conocidas (puntos de control), identificarlos en la imagen y obtener sus fotocoordenadas. Esto permitirá obtener los parámetros de orientación absoluta de la foto.



2.3.4 Obtención automática del modelo digital del terreno.

Se basa en la identificación automática de puntos homólogos y, utilizando los parámetros de orientación descritos en el apartado anterior, calcular analíticamente la cota de los puntos. Hay que definir primeramente el marco de la cuadrícula deseada y el método de captura de los puntos en la imagen. También conviene a veces capturar manualmente por restitución las líneas de ruptura, para lograr un modelo más preciso.

Mediante técnicas de identificación basadas en áreas o en entidades y aplicando las ecuaciones de colinealidad, se van obteniendo las cotas de los puntos de la malla. Por métodos matemáticos, a partir de la nube de puntos obtenida, se interpola una cuadrícula regular de puntos definitiva que simula la superficie del terreno.

Las estaciones digitales permiten superponer la malla de puntos sobre el modelo estereoscópico, lo cual posibilita el chequeo y corrección de puntos obtenidos erróneamente. Al final de todo el proceso, las precisiones obtenidas pueden ser de 0,1 pixel o de 0,1 ‰ de la altura del vuelo. Hay que tener en cuenta que la calidad métrica del modelo geométrico que define la superficie del terreno es un factor decisivo en la fase final de obtención de la ortoimagen [Manzer, 1995]. Errores en la determinación de la cota de un punto producen errores en el valor radiométrico asignado finalmente a un pixel en la ortofoto.

2.3.5 Generación de la ortofoto digital

Para obtener la ortofoto digital es necesario disponer de los tres elementos siguientes: una imagen digital (obtenida por escaneo de los negativos o diapositivas del vuelo fotogramétrico), los parámetros de orientación (obtenidos tras realizar el proceso de aerotriangulación) y un modelo digital del terreno.

En resumen, el proceso consiste en asignar a cada pixel de la ortofoto definitiva el valor radiométrico (escala de grises o color) del pixel que se corresponde con él en la proyección fotográfica. Para cada pixel, se conoce la cota a través del modelo digital del terreno. Con las coordenadas (x,y,z) de cada pixel, los parámetros de orientación y mediante las ecuaciones de colinealidad, se pueden calcular las coordenadas (x,y) en la imagen original y determinar el valor de escala de grises o color en la fotografía. Este valor es directamente asignado al pixel correspondiente en la ortofotografía. De este modo, se va haciendo un barrido pixel a pixel de toda la zona de interés y se obtiene finalmente una imagen rectificadas diferencialmente que representa la proyección ortogonal del terreno.

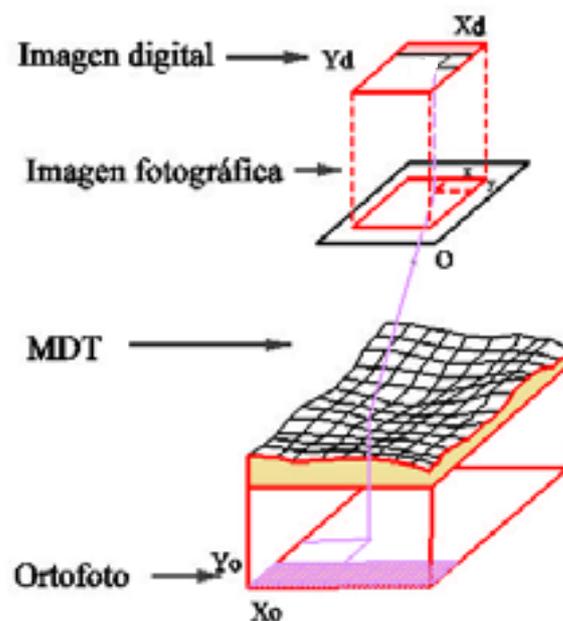


Fig. 2.6 - Esquema de ejecución de ortofoto digital.

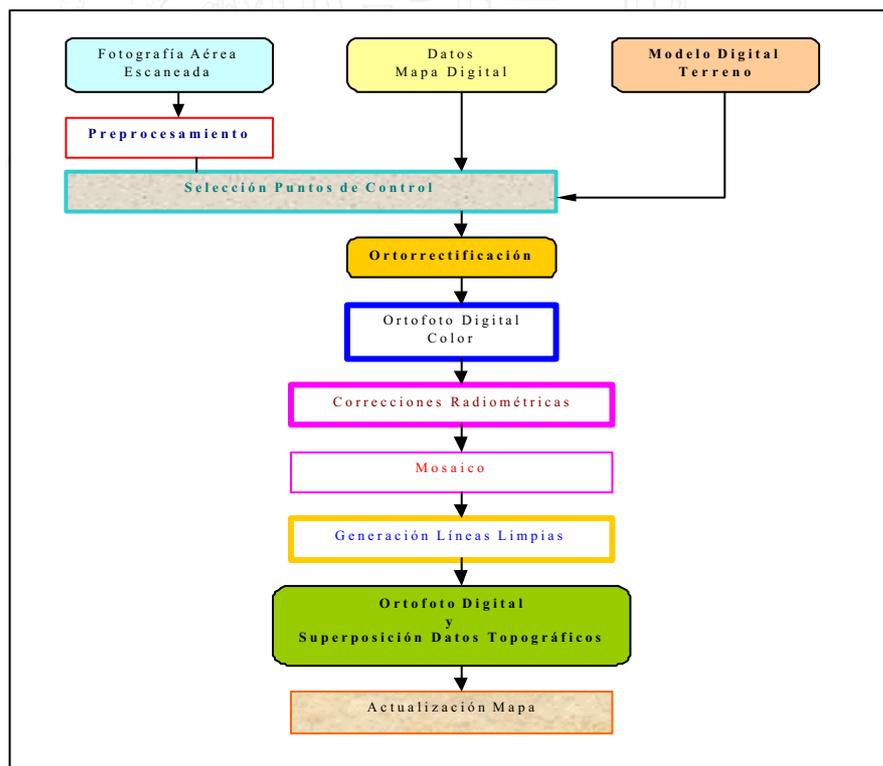
Una vez realizado este proceso con todas las fotografías que cubren la zona de proyecto es preciso efectuar un mosaico de ortoimágenes, a la vez que se aplican técnicas de tratamiento de imágenes para homogeneización, mejora y realce del color.

También es frecuente superponer sobre la ortofotografía una serie de información adicional como es la cuadrícula UTM, coordenadas (de la



cuadrícula y de puntos de apoyo) y una carátula explicativa con las leyendas necesarias.

En definitiva, los actuales avances en la tecnología de la imagen digital, están posibilitando la obtención de ortofotografía digital de una manera muy económica y manteniendo las exigencias de calidad de todo producto cartográfico. Todo esto, unido a las ventajas que ofrece su fácil manipulación informatizada, almacenamiento, estabilidad, escalabilidad e impresión digital por diversos dispositivos, hace que la ortofotografía digital se pueda considerar como un producto alternativo a la cartografía vectorial [Réjean et al., 1995] y se esté convirtiendo en el producto cartográfico más popular.



Sus características de precisión geométrica y de representación fiel y completa de la realidad del terreno, convierten a la ortofotografía digital en el material idóneo para ser utilizado como capa base en los actuales Sistemas de Información Geográfica [Nale, 1996].



2.4 Formatos de imagen digital.

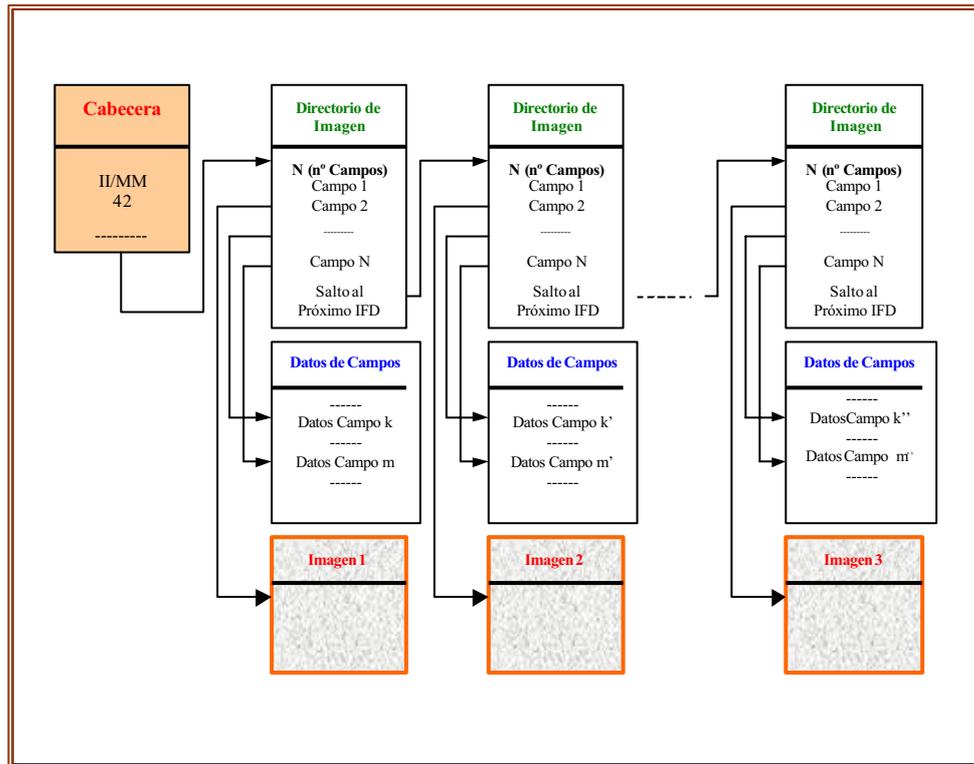
2.4.1 El formato de imagen TIFF

En el proceso de digitalización de los negativos o diapositivas del vuelo fotogramétrico se producen ficheros digitales de imagen que es preciso guardar en formatos adecuados para este tipo de información. Los píxeles en los que está estructurada la imagen digital, deben poseer la información radiométrica del valor de escala de grises o color asignado en el proceso de digitalización.

Como formato más extendido para el almacenamiento de esta información digital, se desarrolló a finales de los años 80 el formato de imagen TIFF (Tag Image File Format). Pronto se convirtió en un estándar y la mayoría de los programas lo incluyeron como formato soporte de imagen.

La primera versión de este formato fue creada por Aldus Corporation a finales de 1986. En Junio de 1992, apareció la revisión 6.0 del formato TIFF elaborada por la *Adobe Developers Association*. En ella se incluyen las especificaciones del formato de fichero basado en etiquetas (TIFF) para el almacenamiento e intercambio de ficheros raster. Es un formato específico para ficheros de imagen, que permite la definición de un espacio raster, la gestión de subimágenes y de páginas, la compresión de los datos y la gestión de colores y atributos. Pero su característica esencial es la utilización de campos etiquetados, que le hace especialmente flexible, versátil y extensible [Miano, 1999].

La estructura del formato TIFF se compone de una cabecera y de un directorio. La cabecera apunta al directorio, siendo éste el lugar en donde se almacena la información acerca de la imagen, a través de una serie de entradas. Puede haber varios directorios en un fichero TIFF y por tanto varias imágenes dentro de un mismo fichero. Las imágenes se organizan como una red rectangular de píxeles en un número determinado de filas y columnas.



Para cada versión de TIFF existe un listado de etiquetas y cada etiqueta significa una propiedad o característica de la imagen. Las especificaciones TIFF presentan las diversas etiquetas públicas, el significado de las mismas y los distintos valores que pueden tomar.

Existen cuatro tipos básicos de formato TIFF: Imágenes de 2-bits (Bilevel images), imágenes de escala de grises (Grayscale images), imágenes de color (Color images) e imágenes de color verdadero (Full color images).

- ☞ Las imágenes TIFF de 2-bits tienen solo dos colores, blanco y negro. Pueden ser especialmente usadas en procesos de detección de contornos y extracción de entidades, en los que interesa destacar unas simples líneas o puntos sobre el fondo de la imagen.
- ☞ Las imágenes en escala de grises son una generalización de las imágenes de 2-bits y son capaces de almacenar como información del pixel, distintos niveles de gris.



- ☞ Las imágenes en color siguen almacenando una sola componente de color por pixel. Cada valor queda asociado a un color especificado en una tableta de colores predeterminada de tipo R-G-B.
- ☞ En las imágenes TIFF de color verdadero RGB, cada tonalidad de pixel es obtenida por la superposición de tres componentes de color: el rojo, el verde y el azul. No existe una única tableta de color como en el caso anterior.

A todos estos tipos de formatos TIFF se les pueden aplicar procesos de compresión de imagen, para reducir su tamaño final. Sin embargo, en fotogrametría digital interesa que cada pixel conserve la respuesta radiométrica que el escáner fotogramétrico le asignó en el proceso de digitalización. Por ello, las técnicas de compresión no suelen ser utilizadas en estos trabajos, ya que se tiende a perder en ellas parte de la información y además es preciso incorporar programas de descompresión de la imagen para su visualización, lo cual ralentiza los procesos.

2.4.2 Otros formatos de imagen

Windows utiliza el formato BMP como formato estándar. Es un formato muy extendido para la edición de imágenes y la mayoría de los programas comerciales lo reconocen. Sin embargo, el formato BMP no tiene ventajas especiales frente el resto de formatos. Soporta imágenes con una intensidad de color hasta 24 bits, pero genera ficheros por lo general excesivamente grandes. Es muy poco versátil, así como poco propicio a ser implementado y tiene escasas posibilidades para aplicarle procesos de compresión. No es considerado como formato útil en fotogrametría digital.

Existen otros formatos de imagen, como el formato TGA (Truevisión Targa), el formato PSD de Protoshop, el formato GIF (Graphic Interchange Format) de Compuserver, etc. Sin embargo,



ninguno de ellos ha conseguido implantarse ni siquiera mínimamente en el campo de la fotogrametría digital. Sí lo han hecho, unos en diferentes campos de la edición fotográfica convencional y otros se han convertido en estándares en la generación de páginas web para Internet.

2.5 Compresión de formatos de imagen

Como ya ha sido comentado en apartados anteriores, uno de los problemas de la fotogrametría digital desde sus comienzos ha sido el tamaño de los ficheros que se generan, provocando dificultades para su almacenamiento y para el proceso de las mismas por el software y por el hardware. Una posible solución a esta problemática es la posibilidad del uso de imágenes comprimidas.

Una buena técnica de compresión de imágenes puede contribuir considerablemente a disminuir el tamaño de los ficheros, minimizando el tiempo de transferencia y el espacio de disco requerido [Triglav, 2000]. Sin embargo, es preciso estudiar la influencia del factor de compresión en la radiometría y en la geometría de la imagen y ver cómo afecta esto a la precisión de los procesos fotogramétricos.

2.5.1 El formato de compresión JPEG

Es el más extendido de los formatos de compresión de imágenes, aunque más bien habría que considerarlo como un algoritmo de compresión. Los diversos autores que han trabajado con este algoritmo, señalan que las imágenes pueden ser comprimidas con factores de compresión de hasta 1/10 sin una considerable pérdida de precisión en los procesos fotogramétricos.

Fue desarrollado por el Joint Photographic Experts Group (JPEG), como una técnica de compresión de imágenes con distintos modos de actuación: compresión hierática, progresiva, secuencial y de baja pérdida. Se definieron distintos procesos de codificación para cada uno de estos



modos de compresión. En general, con la compresión JPEG se consiguen importantes ratios de compresión, pero siempre con pérdida de información.

Se han realizado estudios sobre la influencia que tiene la compresión JPEG en la obtención automática de Modelos Digitales del Terreno [Gómez, 1999], deduciéndose que la precisión se mantiene dentro de valores aceptables hasta un factor de compresión de 1/10. Más allá de factores de compresión de 1/15, la precisión se deteriora de una forma crítica.

Otros autores consideran que compresiones de hasta un factor de 1/5 pueden ser aceptadas sin ninguna pérdida de precisión y sin afectar prácticamente a la visualización de la imagen. Llegando al factor 1/10, aunque no hay gran pérdida de precisión, la calidad radiométrica de la imagen se reduce.

Este tema es particularmente importante en los procesos de digitalización, por ello, en esta Tesis se estudiará la influencia del factor de compresión en la digitalización “heads up” (en pantalla) para la determinación de la superficie catastral de fincas rústicas.

En las imágenes que se incluyen en las páginas siguientes se observa el efecto de la compresión sobre el formato original. A simple vista, puede comprobarse que con un factor de compresión de 1/20, a una escala de visualización 1:5.000, apenas se reduce la resolución y los linderos de las parcelas mantienen la definición original.

2.5.2 Modernos formatos de compresión de imágenes

El desarrollo de Internet en todos los ámbitos y muy especialmente en el cartográfico, ha originado una creciente necesidad de disponer de formatos de imagen comprimidos, que permitan la transferencia rápida de ficheros a través de la Red. Al mismo tiempo, los programas de compresión de imágenes han desarrollado algoritmos propios de compresión y potentes visualizadores.



Imagen TIFF original.

Tamaño: 509 pixel x 452 pixel (230068 bytes). Escala de visualización: 1: 5.000



Imagen JPEG. Factor de compresión 1/5

Tamaño: 509 pixel x 452 pixel (42.459 bytes). Escala de visualización: 1: 5.000





Imagen JPEG. Factor de compresión 1/10

Tamaño: 509 pixel x 452 pixel (20.907 bytes). Escala de visualización: 1: 5.000

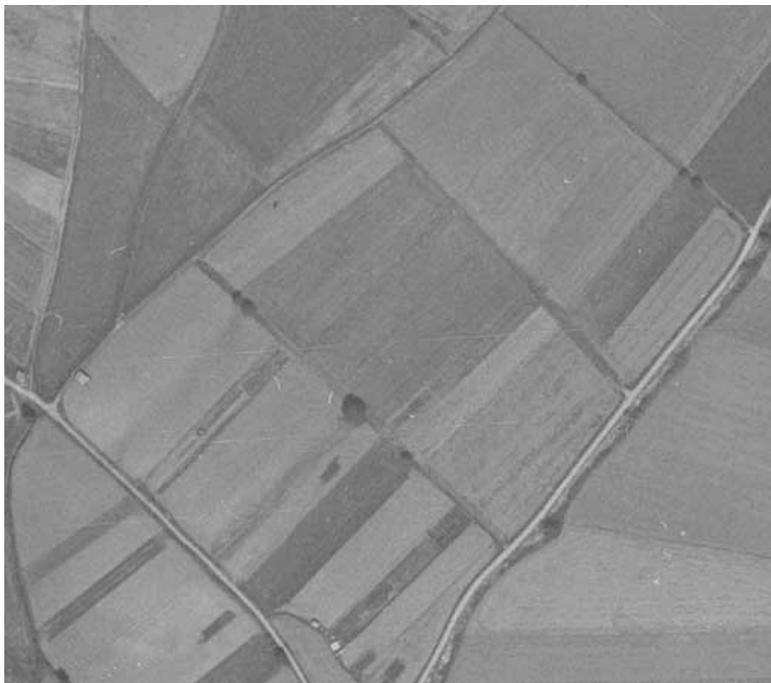
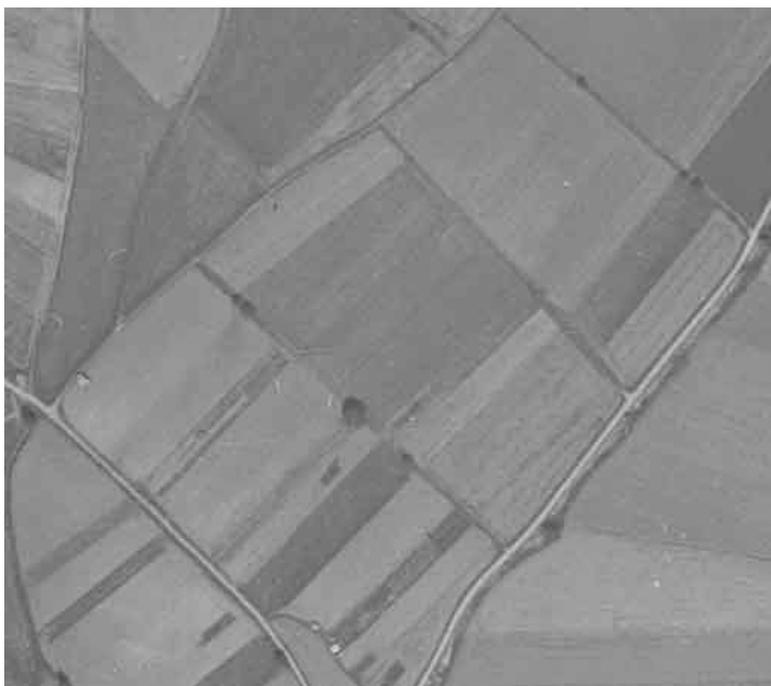


Imagen JPEG. Factor de compresión 1/20

Tamaño: 509 pixel x 452 pixel (11.352 bytes). Escala de visualización: 1: 5.000





En los últimos dos años, se está desarrollando la llamada compresión Wavelet, basada en la transformación DWT (discrete wavelet transform), que mejora la calidad gráfica de las imágenes con factores de compresión superiores, en comparación con los JPEG tradicionales. De la compresión DCT (discrete cosine transform) utilizada hasta ahora por el formato JPEG se está pasando a este nuevo sistema de compresión de imágenes, desarrollándose gran cantidad de algoritmos basados en wavelets.

Dos de los formatos más conocidos hoy en día, que usan transformaciones wavelet y que se han implantado en el campo de la imagen digital cartográfica son :

- Compresión ECW (Enhanced Compression Wavelet), desarrollada por la compañía Earth Resource Mapping. Utiliza la transformación DWT multinivel, procesando las imágenes línea por línea, lo que le permite comprimir grandes imágenes sin utilizar mucha memoria RAM. Se ha integrado dentro del programa ER Mapper, conjuntamente con sus aplicaciones de procesamiento de imágenes, ortorrectificación, etc. y las imágenes comprimidas pueden contener información sobre georreferenciación. Se pueden servir imágenes de gran tamaño a través de Internet y con pequeños tiempos de descarga. Existen visualizadores específicos para este tipo de imágenes y “plug-ins” para la mayoría de programas comerciales.
- Formato SID, generado por el software MrSID. Es un algoritmo de compresión wavelet, elaborado por el Centro de I+D “Los Alamos National Laboratory” de los Estados Unidos. Soporta la mayoría de formatos de imagen comerciales y se puede integrar en los principales programas comerciales GIS y de diseño gráfico. Tiene unas potencialidades muy similares al formato ECW y puede decirse que ambos, hoy en día, están revolucionando el mundo de la gestión de imágenes digitales de uso cartográfico.

CAPÍTULO 3

BIBLIOTECA VIRTUAL

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA





3.1 Introducción

La gestión de la información cartográfica asociada al territorio necesita de herramientas potentes de análisis de datos, tanto gráficos como alfanuméricos. Estos datos representan variables y tienen una determinada distribución espacial.

La información catastral, especialmente la referida al valor de la superficie de las parcelas rústicas, es un dato más, asociado a las entidades territoriales y por tanto, es en principio susceptible de ser gestionado por un Sistema de Información Geográfica. La gran cantidad de dichos valores que a priori se necesitaban manejar en el desarrollo de esta Tesis, hizo necesario considerar desde un primer momento el uso de un programa SIG para la adquisición, manipulación y análisis de la información disponible.

En este Capítulo se van a tratar temas más genéricos en relación con los Sistemas de Información Geográfica, aunque estén directamente relacionados con aspectos concretos del trabajo desarrollado, dejando para más adelante la descripción de su aplicación práctica en fases específicas como la digitalización cartográfica, georreferenciación de ortofotografías, gestión topológica de la información, obtención de bases de datos alfanuméricas, etc.

En este sentido, a lo largo de este Capítulo se van a definir lo más claramente posible, las funciones de los Sistemas de Información Geográfica (intentando identificar en ellas la temática de la presente Tesis), los distintos tipos de SIG con sus sistemas específicos de administración de datos (fijando los criterios por los cuales se optará por un modelo u otro a la hora de abordar los trabajos) y finalmente, se identificarán cada uno de los procesos en los que el SIG interviene como pieza fundamental en la gestión de la información de la superficie catastral rústica.

Se utilizará indistintamente las siglas SIG ó GIS, para definir a los Sistemas de Información Geográfica.



3.2 Definiciones

El Profesor Dr. D. Miguel Calvo Melero, en la portada de su libro “Sistemas de Información Geográfica”, justamente debajo del título, incluye una expresión abreviada para este concepto, que es la de “*Sistemas Geomáticos*” [Calvo, 1993]. En mi opinión, con estas dos sencillas palabras, el autor intenta aglutinar y destacar a la vez los diversos aspectos y disciplinas que intervienen en un Sistema de Información Geográfica: son sistemas que gestionan información con expresión geográfica de una forma automática. Tras una más completa maduración del concepto, definitivamente define los sistemas de información geográfica como los *conjuntos de instrumentos y métodos especialmente dispuestos para capturar, almacenar, transformar y presentar información geográfica o territorial referenciada al mundo real.*

Se observa en dicha definición la conjunción de aspectos técnicos y metodológicos aplicados a los procesos de adquisición y manejo de información georreferenciada y se deduce la intención del autor de considerar los Sistemas de Información Geográfica como una herramienta para la gestión de la información territorial.

Otros autores, siguiendo esta misma línea, definen los Sistemas de Información Geográfica como el *conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos* [Burrough, 1988]. Esta definición, tal vez excesivamente genérica, vuelve a remarcar la idea de que los SIG son herramientas al servicio de unos objetivos concretos y que serán útiles para solucionar problemáticas particulares en las que estén involucrados los datos espaciales.

Ya en 1990, el National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de Estados Unidos, definía los Sistemas de Información Geográfica como aquellos *sistemas de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis,*



modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, preparados para resolver problemas complejos de planificación y gestión. Puede considerarse ésta una definición plenamente integradora ya que incorpora todos los aspectos físicos (software y hardware), metodológicos (procesos de manipulación, análisis, ...) y funcionales (planificación y gestión) de los SIG.

El Profesor Dr. D. Joaquín Bosque Sendra, define los Sistemas de Información Geográfica como el *conjunto de mapas de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización en todos los mapas incluidos en el sistema de información, resultando posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas para obtener un mejor conocimiento de esa zona* [Bosque, 1992]. En mi opinión no es una definición demasiado afortunada, ya que por un lado hace demasiado hincapié en el elemento “mapa” como única fuente de información y no quedan bien definidas las funciones y objetivos de un SIG.

Como se observa en las anteriores definiciones, los Sistemas de Información Geográfica se presentan como una tecnología avanzada aplicada a la resolución de problemas territoriales. Pero la especificidad de determinadas cuestiones territoriales ha generado tras sus 40 años de existencia, la aparición de otros términos similares o relacionados, que considero interesante resaltar en este momento.

El término AM/FM es el acrónimo inglés “*automated mapping/facilities management*”, que viene a definir los sistemas de cartografía automática aplicados a la planificación en el más amplio sentido y que tienen mucho paralelismo con el concepto tradicional de GIS. Se puede traducir como Sistemas de Cartografía Automática y Facilidades de Gestión.

Otro término muy utilizado es el GIS/LIS, que se define como el Sistema de Información Geográfica orientado al estudio de los usos del



suelo (*Land Information Systems*) o del territorio y que tiene mucha aplicación en cuestiones catastrales y de planificación regional. En nuestro ámbito, esta definición suele englobarse dentro del concepto de Sistema de Información Territorial (SIT).

IGIS (*Integrated Geographic Information Systems*) es un término aparecido más recientemente y que trata de abarcar la problemática de la integración de la imagen digital en los SIG, tanto de la procedente de sensores remotos como de la imagen fotogramétrica.

En muchas publicaciones americanas aparece con frecuencia el término *Parcel-based GIS*, intentando englobar todas aquellas aplicaciones de Información Geográfica que tienen como objeto la gestión de parcelarios con fines fiscales o de planificación, y que asocian a cada entidad gráfica la correspondiente información alfanumérica sobre el propietario y características físicas de las parcelas.

Como se observa, durante muchos años el término GIS ha sido reservado al concepto de tecnología para la manipulación, gestión y análisis de la información georreferenciada, pero conforme otras tecnologías (informática, sensores remotos,...) confluyen en este ámbito, es prácticamente imposible dar una definición correcta y completa del significado de las siglas GIS.

Así pues y teniendo en cuenta dicha limitación, se podría adoptar como definición de Sistema de Información Geográfica la integración de diversas tecnologías orientadas a la gestión de información de cualquier tipo que tenga una base geográfica y que sean capaces de llevar a cabo complicados procesos de análisis y dar respuesta a los problemas planteados.

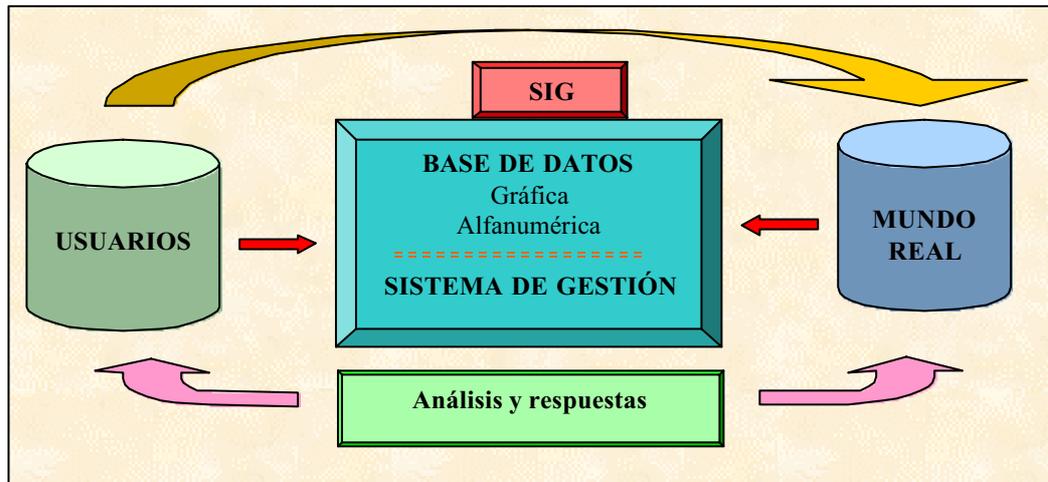


Fig. 3.1 - Esquema conceptual de un SIG.

3.3 Evolución histórica

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica se desarrolló inicialmente en Canadá con el *Canadian Geographical Information System* (CGIS), entre los años 1962 y 1963. El CGIS, financiado por el Departamento de Agricultura de Canadá, se creó como un sistema de “cartografía por ordenador” para gestionar los datos recopilados por el Canada Land Inventory (CLI), fundamentalmente en el ámbito rural y muy especialmente para el inventario de usos del suelo. En su creación se plantearon muchos problemas técnicos y conceptuales referentes a la estructura y organización de las bases de datos y a los métodos de entrada de la información. Si bien muchos de estos problemas han sido ya resueltos, otros nuevos se han presentado, al quedar incorporadas nuevas disciplinas en el entorno de los SIG.

Por estas mismas fechas, mediados de los años 60, en Gran Bretaña se desarrolló la Unidad Experimental de Cartografía, que contribuyó decisivamente en la implantación de los SIG en el mundo anglosajón.

Desde finales de los 60 otra institución comenzó a destacar sobre todo en el estudio de los modelos de datos geográficos a utilizar en los SIG. Se trata del *Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis* de la

Universidad de Harvard en Estados Unidos. Su objetivo inicial fue el uso de ordenadores para generar gráficos con aplicación en la planificación territorial. Este laboratorio ha sentado las bases para la creación de varios SIG comerciales como son IDRISI y ERDAS.

Partiendo de los trabajos realizados en Harvard, a principios de los años 80, los ingenieros del Instituto de Investigaciones en Sistemas Ambientales (ESRI) consiguen desarrollar el Sistema de Información Geográfica denominado ARC/INFO, que actualmente es uno de los SIG con mayor implantación en el mercado.

En 1987, en Lyon (Francia) se celebra el Forum Internacional sobre Instrumentación e Información en Geografía y en él se plantean las tendencias para los próximos años en el campo de los SIG y se estudia la importancia relativa que tendrán sus diferentes componentes (hardware, software, datos y personas).

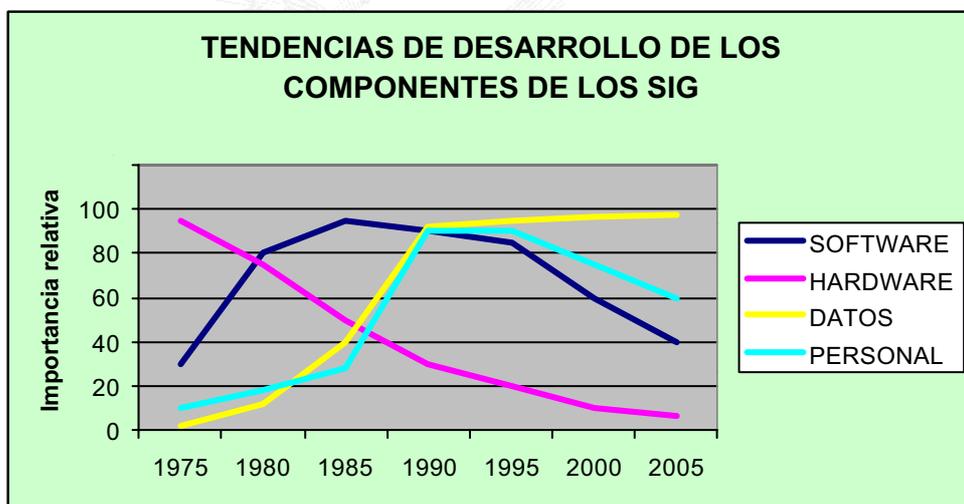


Fig. 3.2 - Tendencias de desarrollo de los principales componentes de los SIG.

En él cabe destacar la previsión que se hizo de que en los primeros años del presente siglo el elemento con mayor importancia relativa lo constituyen los datos. Sin duda, hoy en día, la calidad de los datos y su exigencia de actualidad son factores decisivos en la buena marcha de un SIG. Ahora se dispone del hardware suficiente para desarrollar la mayoría



de proyectos, se cuenta con software adecuado cada vez más al alcance de cualquiera y la formación de personas en este campo es creciente y comienza a consolidarse. Son pues los datos una cuestión relevante y además lo serán siempre, precisamente por la necesidad de desarrollar una actualización continua de los mismos.

En ese mismo año 1987, se publicó la primera revista internacional acerca de la tecnología GIS. Se trata de la *International Journal of Geographical Information Systems* en la que se expresaba que los *Sistemas de Información Geográfica* representan un campo de desarrollo donde se entrecruzan muchas disciplinas, entre ellas, la cartografía, la computación, la fotogrametría, la teledetección, la estadística y otras disciplinas relacionadas con el manejo y análisis de datos territoriales.

En la última década del siglo XX, los Sistemas de Información Geográfica han desarrollado una rápida expansión, incorporando técnicas de procesamiento de imagen digital y análisis complejos y extendiéndose al ámbito de la gestión de recursos naturales y la gestión catastral.

3.4 Funciones

Es preciso establecer una clara diferencia entre los Sistemas de Información Geográfica y los programas de Cartografía Asistida por Ordenador o los programas de Gestión de Bases de Datos. Lo más característico de los SIG es su capacidad de análisis y generación de nueva información a partir de un conjunto previo de datos, mediante su manipulación y reelaboración [Comas, 1993]. Muchos programas trabajan con operadores espaciales y sin embargo no se consideran un SIG, pues no son capaces de realizar búsquedas y análisis espaciales, cuestión que es fundamental para cualquier Sistema de Información Geográfica.

Las áreas de uso práctico de un GIS son muy variadas y entre ellas se podrían destacar:

- inventario de recursos naturales



- gestión de datos catastrales (rústicos y urbanos)
- planificación del territorio
- control de grandes instalaciones e infraestructuras
- marketing geográfico (bancos, agencias inmobiliarias, ...)
- optimización de recursos en la administración pública y en las empresas

Es claro que ninguna de estas tareas podría realizarla un sistema CAD convencional por sí solo, ni tampoco ningún programa de estadística o bases de datos. Estas tareas son propias y específicas de los SIG.

Se podrían señalar cuatro funciones características de cualquier sistema GIS [Comas, 1993]:

- Funciones de entrada de información: son los procedimientos que convierten la información geográfica en formato analógico al formato digital propio de los ordenadores, mediante escaneo, digitalización, integración de ortoimágenes, integración de ficheros CAD, importación de bases de datos,...
- Funciones de gestión de la información espacial: capacidades de organización de bases de datos relacionales, asociación de datos gráficos y datos alfanuméricos, organización interna, ...
- Funciones analíticas: constituyen el elemento más característico de los Sistemas de Información Geográfica. A través del procesamiento de los datos, se consigue obtener mayor información de la que se disponía en un principio. Esta nueva información es almacenada y puede ser utilizada para nuevos procesos de análisis. Tareas analíticas propias de los SIG son la clasificación, la superposición de coberturas, determinación de zonas de influencia, ...
- Funciones de salida de la información: un SIG debe permitir obtener mapas, gráficos, tablas de datos numéricos, etc. de los



datos obtenidos tras los distintos procesos de análisis o de aquellos que simplemente se almacenan en la base de datos.

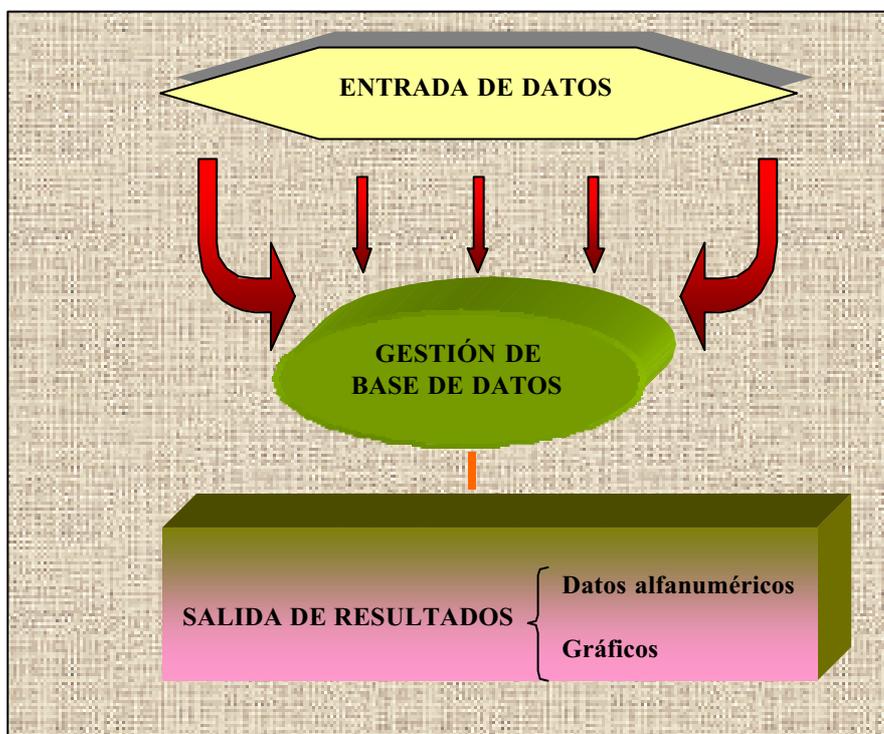


Fig. 3.3 - Funciones características de un GIS.

3.5 Tipos de Sistemas de Información Geográfica

Es importante realizar una discusión previa sobre los distintos Sistemas de Información Geográfica existentes, para posteriormente poder justificar la elección de uno u otro como base para la gestión y explotación de los datos a analizar en esta Tesis.

Desde siempre se han considerado dos modelos básicos bien diferenciados de Sistemas de Información Geográfica: los llamados SIG matriciales o raster y los definidos como SIG vectoriales. Con la evolución rápida de la tecnología informática en los últimos años, han ido apareciendo paulatinamente nuevos desarrollos que hacen que esta sencilla clasificación no sea suficientemente precisa. Además, otros autores [Calvo, 1993] han intentado clasificar los SIG desde otras perspectiva, atendiendo a la forma

en que se estructuran las bases de datos para definir la realidad geográfica (SIG puntuales, lineales o zonales).

La cuestión básica es la forma en que son representados los objetos geográficos y el modo en que se les asocia la información alfanumérica que los define. Así pues, sin ánimo de ser demasiado exhaustivo, en este apartado se seguirá el criterio tradicional de división de los SIG en raster o vectoriales, intentando relacionar cada concepto con modernas discusiones como estructura interna de los datos, integración de información, etc.

3.5.1 Los SIG raster

Los elementos gráficos capturados y almacenados por un SIG raster desde un mapa analógico, lo son a través de la superposición sobre ellos de una rejilla de unidades regulares, de igual forma y tamaño, y donde cada unidad de la rejilla registra el valor que el mapa analógico adopta.

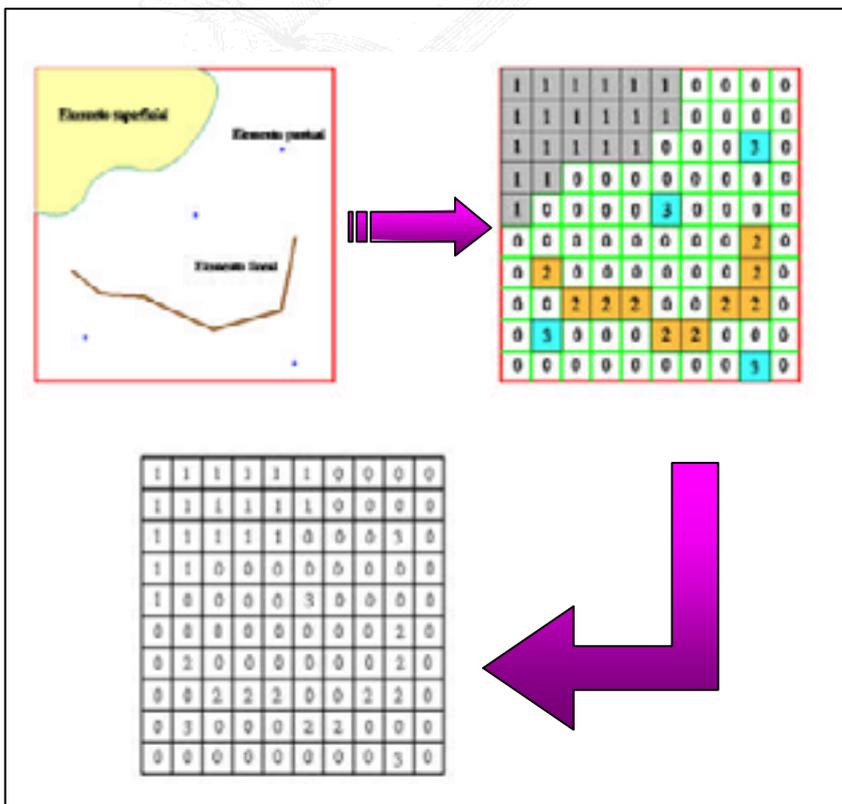


Fig. 3.4 - Fundamentos de la representación raster en un GIS.



La disposición comúnmente adoptada de las unidades básicas de esta rejilla es la rectangular, asociando a cada rectángulo el código o valor que la variable cartográfica adopta en ese punto del espacio. Estos rectángulos regulares se suelen denominar “pixel”, que proviene de la conjunción de los términos “picture” y “element” y su tamaño es una característica esencial para un sistema raster. Cada pixel representa a una determinada porción de terreno y por tanto, cuanto más pequeño sea, más precisa será la representación de la realidad. Por otro lado, cuanto más pequeño sea el pixel, mayor número de filas y columnas serán necesarias para definir un mismo territorio y por tanto, mayor deberá ser el espacio necesario para el almacenamiento de la información.

Por ello, en un SIG raster es preciso, desde un primer momento, definir el tamaño del pixel y para ello es conveniente decidir cuál es el tamaño de la unidad mínima a cartografiar. Se suele admitir por muchos autores que es necesario que dicha unidad mínima cartografiable sea representada como mínimo por tres pixeles [Gómez, 1999]. La decisión de utilizar uno u otro tamaño de pixel, al final deberá ser compatible con las prestaciones del equipo disponible y con las posibilidades de inversión económica en cada proyecto.

Las bases de datos tipo raster se estructuran mediante ficheros simples de filas y columnas, cada uno de los cuales representa un aspecto temático diferente, pero en todos ellos, el pixel ocupa una posición geográfica concreta. Las relaciones espaciales están muy bien definidas, ya que el sistema sabe fácilmente cuál es el pixel que está por encima, por debajo, a la derecha y a la izquierda de un pixel concreto. El análisis topológico o de vecindad es, en principio, muy favorable al sistema raster.

Para extraer información sobre superficies o perímetros de entidades definidas en formato raster, existen diversos mecanismos. Los más comúnmente utilizados se basan en contar el número de pixeles que definen las entidades y multiplicar este número por la medida unitaria que



representa (metros cuadrados, metros lineales, etc.). Pero esta forma de actuar es claramente imprecisa, provoca errores que son en la gran mayoría de los casos, inaceptables [Prashker, 1999]. Convencidos de este problema, muchos autores han desarrollado algoritmos para minimizar los errores e intentar que la correlación de los valores superficiales o lineales extraídos por el SIG raster sea máxima en relación con sus valores reales.

En aplicaciones en donde la precisión superficial o lineal de las entidades poligonales gestionadas por el SIG sea fundamental y básica, este tipo de estructuras de representación tipo raster, por definición, no serán muy adecuadas. Este es el caso de la presente Tesis, en la que se pretende utilizar un GIS para obtener y gestionar información superficial de parcelas catastrales y definir las de una manera precisa mediante líneas poligonales que caracterizan su perímetro. Aunque se han mejorado en mucho los algoritmos aplicados para este tipo de análisis, la cuestión está todavía lejos de resolverse.

3.5.2 Los SIG vectoriales

Un SIG vectorial está basado en la representación vectorial de la componente espacial de los datos geográficos [Bosque, 1992], representando los objetos mediante las coordenadas de los puntos o vértices que los delimitan. Se consideran, en general, tres tipos de dimensiones topológicas: la puntual (dimensión topológica cero), en la que cada punto se define por un par de coordenadas X,Y a las que se le puede asociar una cota como atributo; la lineal (dimensión topológica 1), en donde cada línea viene definida por las coordenadas de un punto origen y un punto final; los polígonos (dimensión topológica 2), que quedan definidos por líneas que se juntan en vértices.

Se observa que en un SIG vectorial el elemento más característico es la línea, definida por las coordenadas de sus puntos extremos. Un punto puede considerarse como una línea de longitud cero, o aquella línea en que el punto origen y el punto final coinciden. Los polígonos están compuestos



por líneas, que se van anidando unas con otras y confluyen en otros puntos llamados vértices.

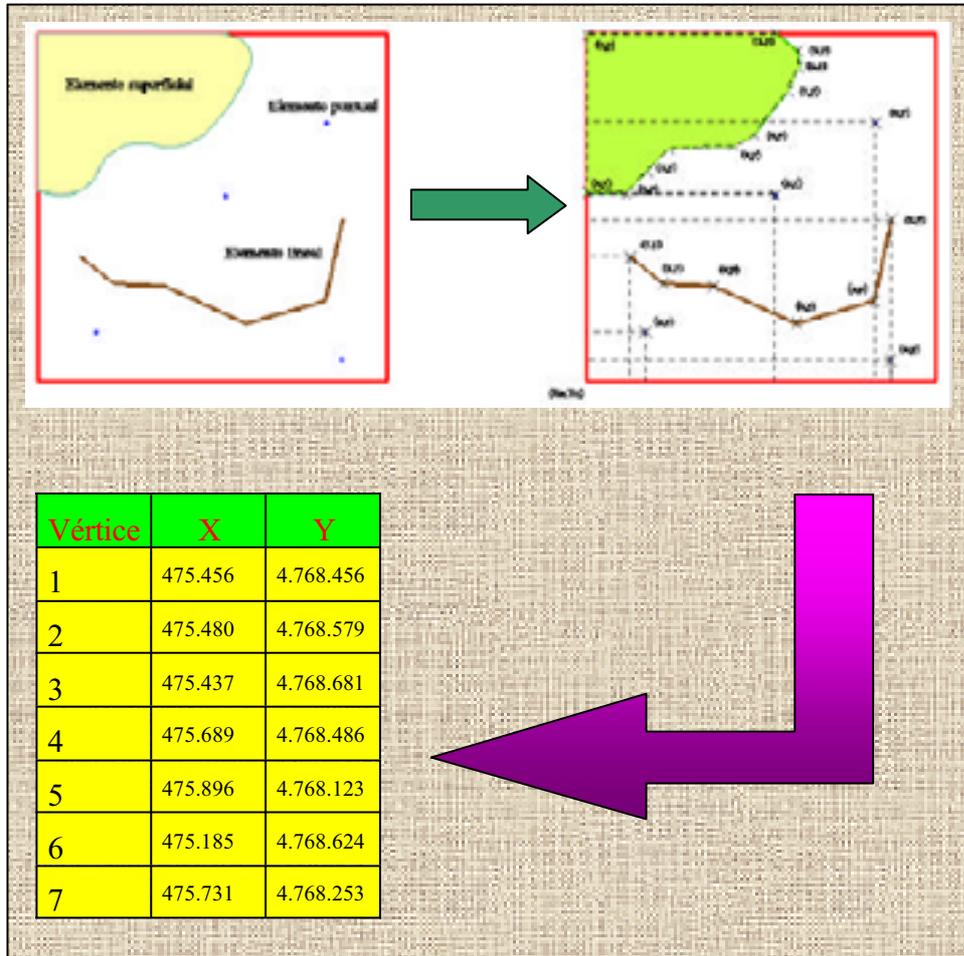


Fig. 3.5 - Fundamentos de la representación vectorial en un GIS.

Existen diversas formas de almacenar la información vectorial. Unas se caracterizan por almacenar, por un lado, en ficheros independientes las coordenadas de los puntos y por otro, los puntos que componen cada polígono e incluso las relaciones de vecindad. Pero la estructura que mayor auge ha desarrollado en los últimos años es la denominada estructura de ARCO/NODO.

La estructura arco/nodo fue desarrollada por el Laboratorio de Gráficos de la Universidad de Harvard en Estados Unidos. En ella se

describen dos elementos fundamentales: el arco o cadena y el nodo. El arco es una sucesión de líneas rectas encadenadas a través de sus vértices. El nodo es el punto en donde se cruzan o confluyen tres o más líneas rectas o corresponde con el final de un arco.

En esta estructura arco/nodo, los polígonos quedan definidos por los arcos que los rodean. Los arcos se registran indicando el nodo de salida y el de llegada, así como anotando el polígono a la izquierda y el polígono a la derecha del arco. Se crean tablas de coordenadas de nodos y vértices de cada arco, tablas de topología de los arcos, topología de los polígonos y topología de los nodos.

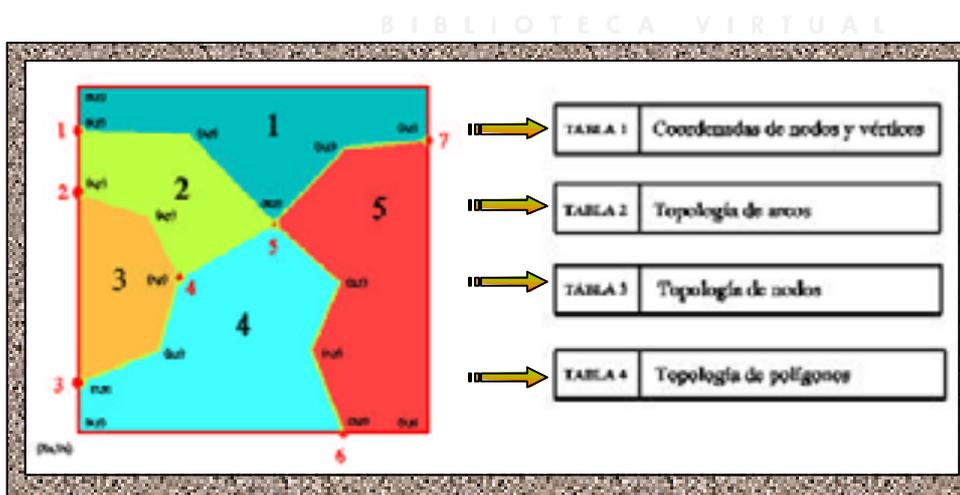


Fig. 3.6 - Representación con estructura ARCO/NODO.

Estas tablas de topología de los distintos elementos permiten realizar con mayor facilidad algunos tipos de análisis espacial. La búsqueda de parcelas adyacentes, la definición de itinerarios más cortos, la definición precisa de la superficie y el perímetro de las entidades, son claros ejemplos de la vocación de estos SIG vectoriales y los presenta como los más adecuados para el objeto de esta Tesis. La precisión de los perímetros y de las superficies obtenidas por estos SIG vectoriales dependerá solo de la precisión con que se hayan introducido las coordenadas de los puntos que definen los polígonos. No es preciso realizar ninguna abstracción ni



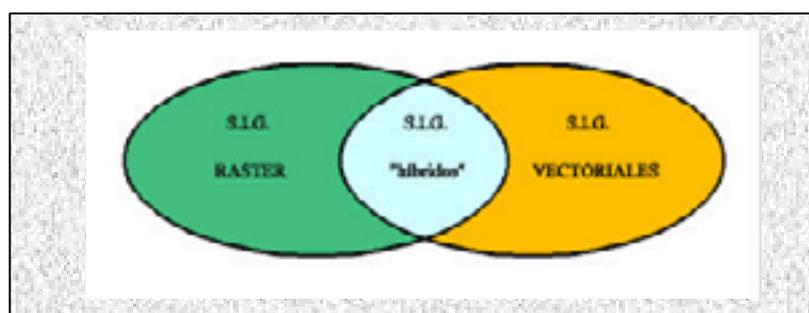
generalización, ni siquiera aplicar algoritmos complicados. Tan solo es necesario aplicar una ecuación matemática.

3.5.3 Otros tipos de GIS

En los últimos años, y debido a la excesiva especialización de cada tipo de GIS en tareas concretas, se ha empezado a hablar de los SIG mixtos o híbridos. Con esta expresión se intenta definir aquellos Sistemas de Información Geográfica que son capaces de integrar datos estructurados de forma vectorial y datos estructurados en forma raster, y realizar conjuntamente sobre ellos análisis espaciales.

El concepto de “híbrido” en un Sistema de Información Geográfica es bastante relativo. Más bien suele tratarse de Sistemas vectoriales que incorporan utilidades básicas de análisis de estructuras raster o, por el contrario, sistemas que trabajan en modo raster y son capaces de integrar capas de información vectorial. Por lo general, cualquier Sistema de Información Geográfica, aunque se denomine híbrido, opera en su núcleo central como vectorial o como raster.

La capacidad de integrar imágenes en los SIG vectoriales, por sí sola, no debe conferirles la propiedad de denominarse SIG mixtos. Del mismo modo, muchos Sistemas de Información Geográfica de tipo raster con posibilidad de visualizar capas vectoriales sobre las imágenes, tampoco deberían calificarse como híbridos. En este sentido existe demasiada confusión en el mercado, potenciada por las estrategias comerciales de las grandes empresas.





3.6 Elección de un GIS.

En vista de los objetivos de la presente Tesis y de los distintos modelos de estructuras de datos en los Sistemas de Información Geográfica, se puede realizar una elección definitiva en relación con qué tipo de SIG es el más adecuado. Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno y ponderando su importancia para los objetivos propuestos, será posible realizar una óptima elección.

Para ello, se debe tener en cuenta que el Sistema de Información Geográfica elegido debe ser capaz de adquirir a partir de ortofotografía digital la información gráfica necesaria para definir con la máxima precisión el perímetro de fincas rústicas, a través del cual pueda ser calculada la superficie catastral.

Ventajas y desventajas de los modelos raster y vectorial:

- el modelo raster es más simple desde el punto de vista conceptual y lógico. Su estructura regular en la disposición de los píxeles, lo hacen especialmente ágil en los procesos de análisis.
- en el modelo raster la precisión está condicionada al tamaño del píxel. Cuando se exigen altas precisiones en la georreferenciación, este modelo tiene serias dificultades.
- en la representación de datos cartográficos, para alcanzar similares precisiones, los modelos vectoriales necesitan menos capacidad de almacenamientos que los raster. Además, los vectoriales desarrollan en su integridad las relaciones topológicas.
- las entidades geográficas que tienen límites precisos quedan mejor representadas en sistemas vectoriales. Cuando la entidad a localizar tiene unos límites difusos (áreas de influencia comercial, mapas de temperaturas, ...), el modelo raster es mucho más adecuado.



- el cálculo de distancias y superficies en el modelo raster es siempre poco preciso y no llega nunca a alcanzar la exactitud obtenida por los sistemas vectoriales.
- los sistemas raster suelen incluir más capacidades de procesamiento y análisis de imágenes que los modelos vectoriales, incluyendo en muchas ocasiones procedimientos de corrección radiométrica, simulación tridimensional, etc.
- el análisis topológico, las relaciones de vecindad, ..., quedan mejor definidas en los sistemas vectoriales. El uso de bases de datos relacionales, mejor gestionadas por estos, les confieren esta cualidad.
- la definición de entidades u objetos geográficos se realiza mejor en los sistemas vectoriales y es además más fácil la asignación de atributos a dichos objetos.

Sin duda, las diferencias entre ambos sistemas (raster y vectorial) son mucho más amplias que las descritas anteriormente, pero, consideradas como punto de partida, constituyen un buen material para la elección de un determinado tipo de GIS. Como esta elección tiene gran importancia para el desarrollo futuro de la Tesis, se intenta seguidamente justificar el uso definitivo de uno u otro sistema evaluando (de 0 a 5) cada una de las capacidades en relación con los requerimientos previos establecidos.



REQUERIMIENTOS BÁSICOS	<i>Especificación</i>	GIS	GIS
		VECTORIAL	RASTER
Integración de imagen digital	Georreferenciación	5	3
	Procesamiento digital	1	5
Definición de entidades		4	1
Asignación de atributos		5	3
Precisión posicional de las entidades gráficas		5	2
Precisión en la medida de distancias y superficies		5	1
Digitalización		4	3
Generación de topología		4	2
Facilidad de análisis		2	4
		35	24

Así pues, para el desarrollo de esta Tesis se adoptará un Sistema de Información Geográfica vectorial, con capacidades para registrar ortofotografía digital y digitalización en pantalla.

3.7 Adaptación del Gis vectorial a la gestión de la información catastral

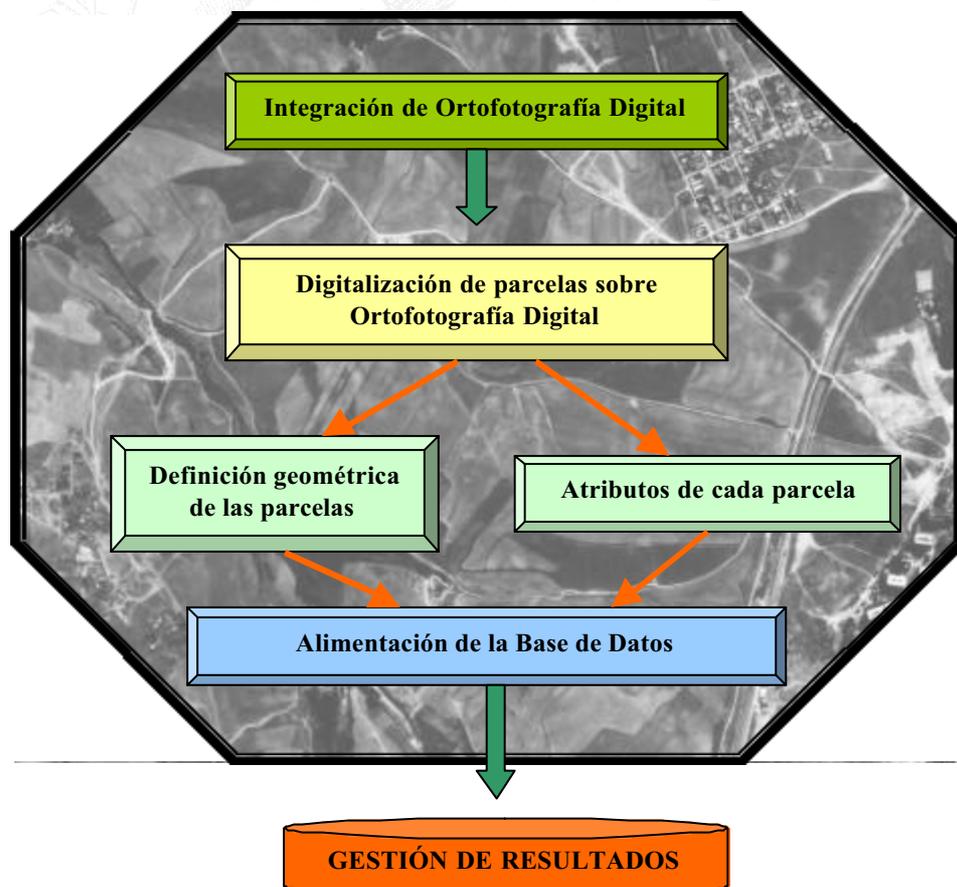
La información catastral tiene dos elementos básicos que cualquier Sistema de Información Geográfica debe gestionar con precisión: por un



lado la propia definición física del lindero de las parcelas y por otro los atributos asociados a cada parcela.

Las parcelas quedarán definidas por su perímetro y éste debe venir registrado por las coordenadas X,Y de todos aquellos vértices que lo componen y que provienen de los procesos de digitalización en pantalla o en mesa digitalizadora. Estas coordenadas quedarán almacenadas en la base de datos correspondiente y con la precisión establecida de antemano. La posición geométrica de un vértice será editable, de forma que cualquier modificación gráfica quede automáticamente registrada en la base de datos.

Una vez definida la geometría de cada parcela catastral, el SIG vectorial solicitará, para cada entidad, los atributos necesarios (propietario, cultivo, superficie, perímetro, ...) que serán igualmente almacenados en la base de datos relacional.



CAPÍTULO 4

**INTEGRACION DE ORTOFOTOGRAFÍA
DIGITAL EN SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**



4.1 Introducción

La Ortofotografía Digital, para ser utilizada por el Sistema de Información Geográfica, debe integrarse en él a través de un proceso que suele denominarse georreferenciación o registro. Por medio de esta georreferenciación, todos los píxeles de la Ortofotografía quedarán posicionados en sus coordenada UTM correctas y podrá utilizarse como imagen de fondo para la extracción de entidades por digitalización [Steiner, 1992].

Así pues, la consecuencia principal de la integración de la Ortofotografía en un SIG es el hecho de disponer de una imagen del terreno corregida diferencialmente de las distorsiones provocadas por los desniveles del terreno y de la inclinación de la cámara fotogramétrica, a escala precisa y uniforme, geoposicionada correctamente y sobre la cual se pueden digitalizar los perímetros de las parcelas, aprovechando el contraste radiométrico existente en la zona de los linderos.

Como la imagen está georreferenciada, los vértices de las entidades digitalizadas ocuparán igualmente su posición geográfica correcta y sus coordenadas se irán almacenando en la base de datos del SIG. La precisión en la georreferenciación de la ortofotografía condicionará, por tanto, la exactitud con la que se van capturando los vértices que definen los perímetros de las parcelas [Baltsavias, 1993].

De todas las formas, como en esta Tesis, el fin último es la obtención de la superficie catastral, el posicionamiento absoluto de los linderos de las parcelas no es tan relevante. Sí lo es el correcto escalado de las imágenes: una ortoimagen de 1 metro por píxel de resolución, con 2760 columnas y 3190 filas, debe ocupar un espacio de 2760m. x 3190 m. exactamente. De esta forma, se asegurará que las superficies deducidas de ella, son también correctas.

Es también muy importante la correcta georreferenciación cuando se pretende realizar mosaicos de ortoimágenes, para que los solapamientos no



presenten discontinuidades. Muchas veces se digitalizan entidades pasando de una ortofoto a otra y los vectores que definen los linderos deben mostrar la perfecta continuidad de las parcelas originales.

4.2 Objetivos de la integración

La integración de las Ortofotografías Digitales en el Sistema de Información Geográfica, tendrá como único y principal objetivo en esta Tesis, que las primeras sirvan de imagen de fondo para la digitalización en pantalla (“heads up”) de los perímetros de las parcelas rústicas de varios Polígonos Parcelarios de un término municipal. Una vez definidos geoméricamente estos perímetros y almacenadas sus coordenadas en la base de datos del Sistema, se calcularán automáticamente las superficies catastrales de todas las fincas digitalizadas.

La integración de las Ortofotografías debe ser, después de un proceso previo de registro de las imágenes, automática, de forma que al requerir una determinada ortofotografía, ésta aparecerá en su posición geométrica exacta. Las ortofotos adyacentes, presentarán un solapamiento preciso, de forma que no se aprecien discontinuidades entre ellas.

Es conveniente que las ortoimágenes se hallen todas ubicadas en un mismo subdirectorío, ya que el Sistema de Información Geográfica tendrá establecidos “links” para su localización y si una ortofoto se cambia a otro subdirectorío, habrá que volverla a registrar.

Un objetivo secundario de la integración de las ortofotografías en el Sistema de Información Geográfica es la posibilidad de generar salidas gráficas conjuntas de las entidades vectoriales y de las imágenes, obteniendo una información completa de la realidad del terreno a representar. Esta forma de representación cartográfica está teniendo cada día más aceptación, imponiéndose en ámbitos especialmente catastrales, minimizando al máximo las incertidumbres y haciendo más comprensible la visualización del terreno topográfico [Mary Jo Wagner, 1999].



4.3 Requerimientos para la Ortofotografía Digital

Para una correcta integración de las Ortofotografías Digitales en los Sistemas de Información Geográfica, éstas deben cumplir una serie de requisitos, que se intentan resumir a continuación:

1.- La ortofotografías deben venir almacenadas en formatos de ficheros interpretables por el Sistema. Hoy en día, los Sistemas de Información Geográfica son capaces de visualizar multitud de formatos de imagen y también diferentes algoritmos de compresión. Entre ellos, los más importantes son el formato TIFF y el formato comprimido JPEG. En esta Tesis se trabajará fundamentalmente con Ortofotografía Digitales en formato TIFF sin compresión, de forma que se mantenga íntegramente la resolución radiométrica original.

2.- Las Ortofotografías Digitales deben tener la suficiente información como para ser georreferenciadas. Esta información vendrá integrada en el propio fichero de imagen (p.e., formato GEOTIFF), o aparecerá como información adicional en un fichero externo (p.e., fichero *.tfw* ó fichero *.geo*).

3.- Las Ortofotografías Digitales deben haber sido previamente ajustadas en cuanto a contraste radiométrico, de forma que cuando se realicen mosaicos de ortofotos, no se aprecien cambios bruscos de tonalidades de una ortofoto a otra [Höhle, 1996]. Estos ajustes previos, muchas veces no son exigibles por los Organismos contratantes y no se llevan a cabo con el rigor requerido, generando finalmente mosaicos atípicos.

En la siguiente imagen se aprecia claramente la zona de unión de dos ortofotografías adyacentes, debido fundamentalmente al diferente contraste radiométrico que presentan. Como fase previa, se debió haber realizado un ajuste u homogeneización de dicho contraste, para evitar el impacto visual que este defecto provoca.



Fig. 4.1 - Diferente contraste radiométrico entre ortofotografías contiguas.

4.- La precisión en las coordenadas de georreferenciación de la ortofotografía debe ser lo más elevada posible y nunca inferior al error máximo permitido en el posicionamiento de un punto y establecido en su día en el Pliego de Prescripciones Técnicas para la Ejecución de las Ortofotos. Una falta de rigor en este aspecto puede generar indeterminaciones como las que se reflejan en la figura siguiente:

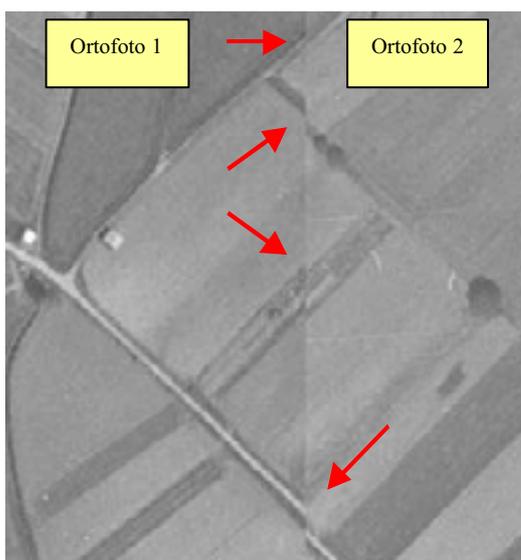


Fig. 4.2 - Errores en la georreferenciación.

Se observan en esta figura las consecuencias de una mala georreferenciación, provocando claras discontinuidades en los caminos y en los linderos de las parcelas. En la digitalización se producirán indeterminaciones y situaciones de indecisión no deseables.



5.- Las ortofotografías digitales deben caracterizarse por tener una resolución geométrica (tamaño del pixel) adecuada para las tareas de digitalización y/o trabajos de revisión catastral [Shanks, 1991]. En este sentido, indicar que las resoluciones más comúnmente utilizadas son las de 1 metro por pixel y, para mayor detalle y precisión, la de 0,25 metros por pixel. Es preciso tener en cuenta el tamaño de los ficheros al aumentar la resolución de la imagen. El paso de una resolución de 1 metro por pixel a otra de 0,25 metros por pixel, supone manejar ficheros con un tamaño 16 veces mayor.

Una Ortofotografía Digital típica de Catastro de Rústica viene a ocupar un tamaño de 9 Mb a 1 m/pixel. Esta misma Ortofoto a 0,25 m/pixel, ocupará 140 Mb. El trabajo con ficheros de este tamaño, requiere disponer de Hardware y Sistemas de Información Geográfica potentes y con altas prestaciones de gestión gráfica para la manipulación de imágenes.



Fig. 4.3 - Ortofotografía Digitales con distinta resolución (0,25 m.p.p.//1m.p.p.).

Es por tanto necesario valorar previamente las ventajas de utilizar una resolución elevada y las desventajas que ello supone en cuanto a exigencias en el hardware y en el software.

6.- Por último, indicar que la resolución radiométrica de la Ortofotografía debe garantizar la tarea de digitalización de las parcelas. En Ortofotografías en blanco y negro, el uso de 256 niveles de gris (2^8 bits) suele ser suficiente para que los límites entre fincas aparezcan claramente diferenciados.



4.4 Requerimientos del Sistema de Información Geográfica

Una vez tomada la decisión de que el Sistema de Información Geográfica a utilizar en esta Tesis será uno de tipo vectorial, para llevar a cabo la necesaria integración de las Ortofotografías Digitales en dicho Sistema, éste deberá cumplir con unas mínimas exigencias. Resumidamente, se podrían apuntar las siguientes:

- 1.- El Sistema de Información Geográfica debe tener capacidades y herramientas suficientes para la integración de imágenes digitales georreferenciadas en distintos sistemas de proyección. Generalmente las ortoimágenes digitales para uso catastral vienen elaboradas en Proyección UTM y traen consigo la necesaria información (coordenadas geográficas de las esquinas, coordenadas UTM de vértices, ...) para realizar de forma automática o interactiva el proceso de registro de la imagen.
- 2.- Muchas veces es necesario manipular simultáneamente varias ortofotos digitales, por lo que el volumen de información suele ser muy elevado. El Sistema de Información Geográfica a utilizar deberá disponer de estrategias para la gestión óptima de imágenes (gestión de formatos multiescala, descompresión progresiva, imágenes con resolución piramidal, ...), de forma que se tenga una rápida y ágil visualización.
- 3.- El sistema debe ser capaz de representar conjuntamente, a voluntad del usuario, las Ortofotografías Digitales y la información vectorial relacionada con dicha imagen, contando con sistemas para priorizar la visualización de una u otra, según interese en cada caso.
- 4.- El Sistema de Información Geográfica, además de ser capaz de integrar las Ortofotografías Digitales, debe tener dos utilidades relacionadas con las salidas gráficas:
 - debe ser capaz de visualizar las ortofotografías a una escala concreta solicitada por el usuario y poder mantenerla mientras no



se necesite visualizar a otra escala distinta. Esto puede ser especialmente interesante en los trabajos de digitalización.

- debe permitir realizar las salidas gráficas impresas a una escala exacta, determinada a priori por el usuario.

5.- Sería conveniente que el propio Sistema de Información Geográfica dispusiera de alguna herramienta para el tratamiento digital de las ortoimágenes, como mecanismos de corrección del brillo y contraste, inversión de la tonalidad de gris, etc. Sin embargo, para cubrir los objetivos de esta Tesis, no es necesario que el SIG cuente con herramientas complejas de procesamiento digital de las ortofotos, como clasificación de imágenes, visualización en 3D, sombreado de superficies o generación de grids y operaciones con ellos.

No obstante, al ser ésta una utilidad bastante generalizada en la mayoría de los Sistemas de Información Geográfica que trabajan con imágenes espaciales, se analiza ligeramente a continuación.

4.5 El procesamiento digital de imágenes en un SIG

El procesamiento de las imágenes se realiza a través de operaciones matemáticas sobre los valores del nivel digital de cada pixel, con objeto de mejorar la detección e interpretación de las entidades [Morain, 1996]. Las técnicas de procesamiento digital más utilizadas son los filtros de adelgazamiento (smoothing filters), filtros de enfatización de lados (edge enhancement filters), clasificación temática automática, detección de cambios y fusión de datos. Aplicar una u otra técnica, dependerá de los objetivos propuestos y de los resultados que se esperan obtener.

La aplicación de filtros sobre imágenes digitales es en esencia una combinación de transformaciones morfológicas que reducen el ruido o enfatizan características deseadas de la imagen, actuando sobre las frecuencias radiométricas de los pixeles [Verbyla, 1997].

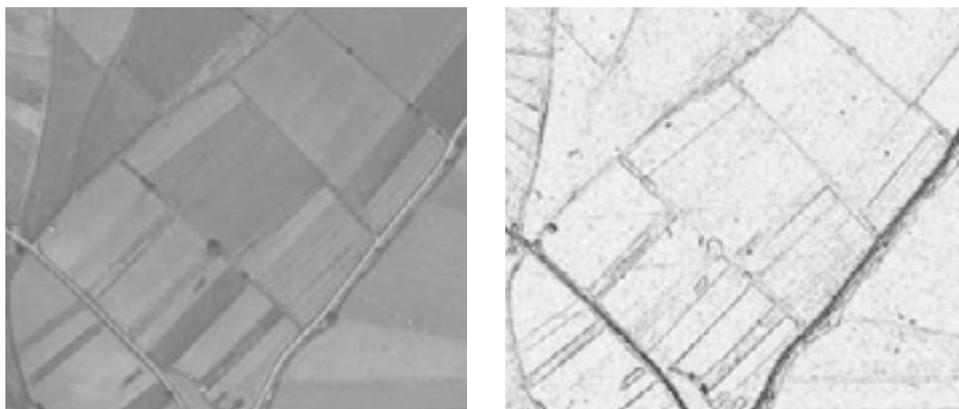


Fig. 4.4 - Aplicación de filtros de detección de lados en ortoimagen.

La técnica de detección de lados, puede ser una buena herramienta de ayuda para la mejora de los procesos de digitalización en pantalla (“heads up”) cuando se trabaja con ortofotografías digitales.

Las técnicas de procesamiento digital de imágenes para la extracción temática en función de la respuesta radiométrica de los píxeles, son especialmente interesantes en el ámbito catastral rústico para la clasificación automática o semiautomática de la ocupación de los cultivos. A cada grupo de píxeles que estén dentro de un rango de valor radiométrico se le asigna una categoría o clase. A cada una de estas clases se le asocia una lista de atributos y un color para una rápida identificación visual.

Para la detección de cambios, se trabaja con dos o más imágenes digitales obtenidas en diferentes épocas. Cuando hay distinta respuesta radiométrica para un píxel, éste se selecciona y se clasifica como zona de cambio. Al final, se obtiene una nueva imagen con las áreas de cambio resaltadas [Mattikalli, 1995].

La información radiométrica de diferentes fuentes de imagen (imagen de satélite, radar,...) puede ser fusionada para crear una nueva imagen, con respuestas radiométricas diferentes a la original.



A modo de resumen de los requerimientos descritos tanto del GIS como de las ortofotografías digitales, se incluye a continuación una figura, en donde se intentan integrar ambos elementos:

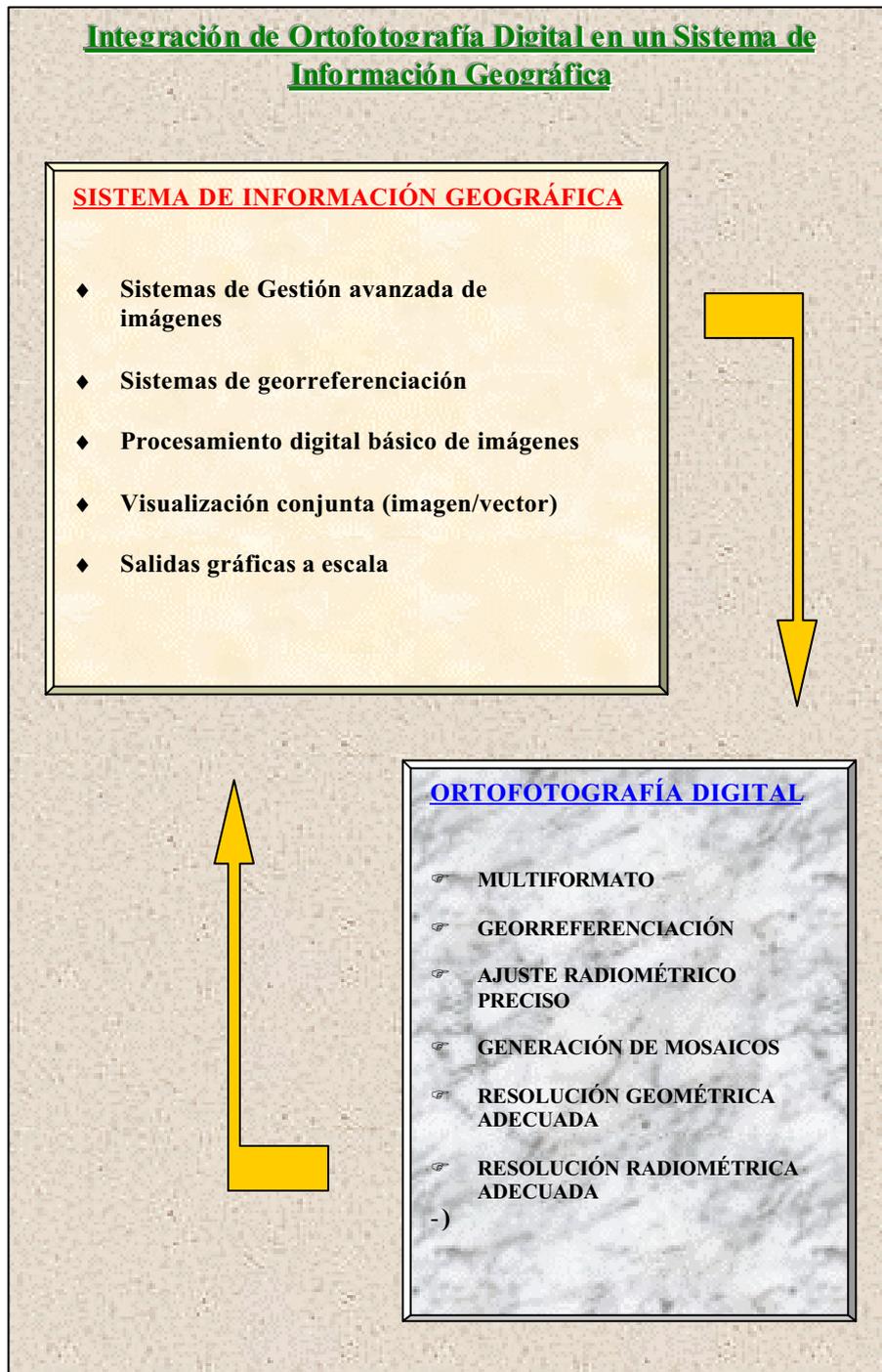


Fig. 4.5 - Requerimientos del SIG y de la Ortofotografía Digital.



4.6 Requerimientos del Hardware

Para que la integración de las Ortofotografías Digitales en un Sistema de Información Geográfica se produzca con éxito, existe otro elemento fundamental que todavía no ha sido considerado. Este elemento es el propio hardware que va a soportar todo el sistema. Este hardware también deberá tener unos requerimientos mínimos, que seguidamente se intentan expresar:

- 1.- Amplias capacidades de almacenamiento en disco. Ya ha sido comentado en apartados anteriores, que las ortofotografías digitales, debido a sus altas exigencias en resolución geométrica y radiométrica, tienden a generar ficheros de gran tamaño. Cualquier proyecto necesitará el manejo de varias ortofotografías y éstas deben quedar almacenadas en el disco duro del ordenador. En esta Tesis, se ha trabajado dentro del SIG con un volumen de información directamente relacionada con las ortofotografías superior a los 600 Megabytes (imágenes a distinta resolución, imágenes comprimidas, ...).
- 2.- El procesamiento simultáneo de varias Ortofotografías Digitales, todas ellas de gran tamaño, exige que el sistema disponga de una Memoria RAM suficiente, que para los propósitos de esta Tesis, no debería ser inferior a los 128 Mb.
- 3.- Una velocidad alta del microprocesador, asegurará unos tiempos de respuesta razonables en las tareas de carga y descarga de las ortofotografías digitales. Un procesador tipo Pentium III, con tecnología MMX, a un mínimo de 500 MHz, sería una configuración básica recomendada.
- 4.- No se debe olvidar que la visualización y manipulación de ortofotografías digitales en el SIG, es en definitiva una cuestión de gestión gráfica del sistema informático utilizado. Por ello, para este propósito, será necesario contar con una tarjeta gráfica adecuada de medias o altas prestaciones, no inferior a 16 Mb y que cuente con tecnología avanzada para la gestión de imágenes.



4.7 Georreferenciación y Registro de Ortofotografías Digitales

En este apartado, aunque se puede hacer extensible a toda la Tesis, se asume que se parte de un material como la Ortofotografía Digital, que no presenta deformaciones geométricas, las cuales ya han sido eliminadas en el propio proceso de obtención de la ortoimagen. Por tanto, el requerimiento fundamental para la adecuada integración de las ortofotografías digitales en el SIG, es que se pueda realizar sobre ellas una precisa referenciación espacial [Star et al., 1997]. De esta forma, podremos asegurar la precisión necesaria en las tareas de superposición de distintas capas de información (raster/vectorial).

Existen dos conceptos que a menudo se usan indistintamente y que tienden muchas veces a producir confusión. Se trata de los términos “georreferenciación” y “registro” de imágenes, que en el ámbito de la integración de imágenes dentro de un SIG tienen los siguientes significados:

- ☞ Georreferenciación: es la técnica que asigna a cada pixel de la imagen una posición en un sistema de coordenadas preestablecido. Este proceso no implica una transformación geométrica de la imagen, sino que se trata mas bien del cálculo de una función de transformación de coordenadas.
- ☞ Registro: es el proceso que viene después del cálculo de la función de transformación de coordenadas de la imagen e implica su transformación geométrica, ajuste al sistema de coordenadas elegido, modificación del tamaño del pixel y asignación de nuevas densidades radiométricas si fuera necesario.

No obstante, en la práctica, los SIG tienden a realizar ambas tareas simultáneamente y bajo un mismo epígrafe, de modo que esta diferenciación suele ser más de tipo conceptual. Lo verdaderamente importante es conocer el sistema de referencia a utilizar (UTM, ...) y la precisión exigible en el proceso de georreferenciación.

4.7.1 Sistemas de georreferenciación

A nivel práctico, existen dos formas fundamentales de georreferenciar un fichero imagen en un Sistema de Información Geográfica:

- 1) a través de un fichero externo, independiente del fichero que contiene la imagen y en el que se incorporan todos los datos necesarios para su correcto posicionamiento y visualización. Existen dos formas básicas de realizarlo:
 - sistema de georreferenciación que utiliza ficheros (.tfw) para definir las coordenadas de posicionamiento del pixel superior izquierdo de la imagen en formato (.tif) y el tamaño del pixel en unidades terreno. De esta manera, toda la imagen (ortofotografía) queda perfectamente posicionada y escalada. El contenido de los ficheros (.tfw) sigue el patrón del ejemplo mostrado a continuación: las dos primeras cifras definen el vector “x” del pixel, a través del cual se puede deducir su tamaño; los dos siguientes determinan en iguales condiciones el vector “y”; las dos últimas cifras corresponden con las coordenadas UTM de la esquina superior izquierda del primer pixel de la imagen. A veces, el punto referenciado corresponde con el punto central del pixel.

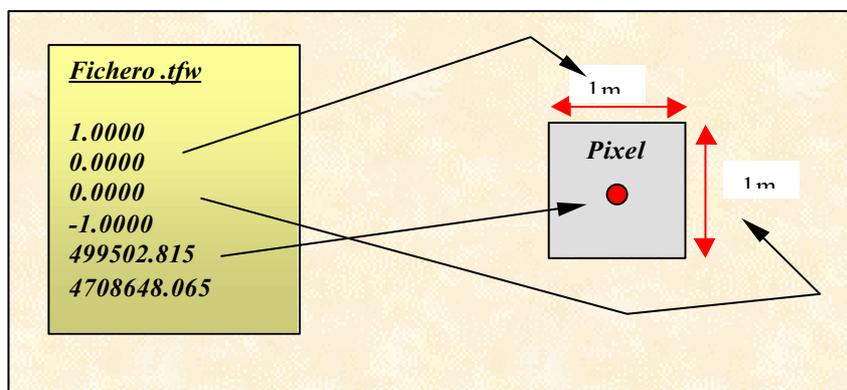


Fig. 4.6 - Esquema de georreferenciación con ficheros (.tfw).



- mediante ficheros (.geo), que incluyen las coordenadas UTM de los vértices inferior izquierda y superior derecha de la imagen, entre los cuales debe quedar posicionada la ortofotografía digital.



Fig. 4.7 - Esquema de georreferenciación con ficheros (.geo).

- 2) mediante la inserción en la cabecera de dicho fichero de la información necesaria para realizar la georreferenciación. Para ello, el formato del fichero de imagen debe tener la posibilidad de modificar su cabecera e integrar en ella mediante códigos o etiquetas toda la información necesaria (posicionamiento de los píxeles, tamaño, datums,...). Es decir, una parte del fichero imagen se destina a almacenar los parámetros de localización geográfica de la misma [Limp, 1998]. El sistema más conocido y desarrollado para este tipo de georreferenciación es GEOTIFF. Por su importancia en este campo, seguidamente se describe la evolución y características principales de este formato.

4.7.2 El formato Geotiff

Desde hace tiempo, muchos fabricantes de software vieron la necesidad de establecer un estándar que soportara información geográfica en base al formato TIFF. Ello traería consigo una reducción de los costes de



desarrollo al trabajar sobre un mismo material no propietario, se podría utilizar en multitud de plataformas y se facilitaría la portabilidad, evitando operaciones de importación y/o exportación [Ariza, 1999].

En 1990, diversas empresas e instituciones, inician un camino de búsqueda de una especificación de aplicación geográfica generalista. Hacia 1995, instituciones como el USGS y empresas como Intergraph, Esri, Erdas, SoftDesk, MapInfo, etc., establecieron la primera especificación del formato GEOTIFF, que hoy en día es soportada por la gran mayoría de software de georreferenciación existente.

GEOTIFF tiene como objetivo fundamental establecer la componente geográfica en las imágenes mediante la incorporación de información referencial que permita definir los sistemas geodésicos y las proyecciones cartográficas más utilizadas, incluyendo sus parámetros elementales [Ritter, 1995]. En palabras del mismo autor, podría decirse que lo que se persigue con dicho formato *es hacer de las imágenes unos verdaderos mapas*.

GEOTIFF cumple las especificaciones y mantiene la estructura del formato TIFF, añadiendo información geográfica, tipos de proyecciones, sistemas de coordenadas, datums, elipsoides, etc., al propio contenido de la imagen. Es una descripción complementaria a la especificación TIFF, que añade etiquetas “geotie” para que los ficheros sean posicionados correctamente en cualquier GIS o en cualquier sistema cartográfico digital.

4.8 Tendencias de futuro de la integración de imágenes digitales en GIS

La tendencia actual es crear bases de datos de imágenes espaciales, accesibles a través de redes de alta velocidad, en donde los usuarios sean capaces de obtener imágenes actualizadas con periodicidad suficiente y con la resolución necesaria para realizar sus trabajos.

Los formatos de almacenamiento de imágenes serán cada vez más compatibles, de forma que los distintos Sistemas de Información Geográfica



puedan interpretarlos, y puedan ser compartidos por un mayor número de usuarios. Asimismo, se crearán bases de datos de gran difusión, en donde tanto los profesionales como el público en general, adquirirán sus imágenes digitales georreferenciadas [Star, 1997].

Los programas GIS serán cada vez más fáciles de utilizar e incorporarán un amplio rango de utilidades relacionadas con el procesamiento de imágenes y el análisis espacial. Los productos cartográficos se podrán realizar en multitud de formatos, incorporarse en su estado nativo a diversas bases de datos y ser utilizados en otras bases para aumentar la información o para actualizaciones.



CAPÍTULO 5

BIBLIOTECA VIRTUAL



**LA REVISIÓN
DEL
CATASTRO DE RUSTICA**



5.1 Introducción

En esta Tesis, se va a realizar un estudio exhaustivo sobre una de las características más importantes que determinan el Catastro de Rústica, como es la superficie catastral. Por ello, antes de iniciar los procesos concretos de análisis que afectan a dicho parámetro, se considera oportuno dar una visión general del Catastro en España y en particular, del desarrollado del mismo hasta hoy en La Rioja.

Siguiendo el esquema general de estructura de los Capítulos, se iniciará éste con un apartado dedicado a las definiciones de los principales conceptos que afectan a la técnica y a la práctica del Catastro, intentando aclarar términos que muchas veces se confunden o no llegan a entenderse en su totalidad. En este sentido, se hará especial hincapié en relacionar todos los conceptos con el parámetro principal en este estudio: la superficie catastral rústica.

Tras este primer acercamiento, y como paso previo a la descripción de la situación actual del catastro, se analizarán los antecedentes históricos que han podido condicionar dicho estado actual. A través del conocimiento de estos antecedentes históricos, tal vez sea posible comprender y justificar algunos procedimientos y técnicas utilizados en la actualidad en el tema de la revisión catastral, no demasiado acordes con el avanzado estado de la técnica.

Una vez establecidos estos antecedentes básicos, se desarrollará el apartado fundamental de este Capítulo, que es el relativo a la situación actual de los procesos de revisión catastral rústica en España y en La Rioja. Tras una somera descripción del marco legislativo y técnico en el que se desarrollan estos procesos, se desarrollará la metodología actualmente aplicada, haciendo especial mención a todo aquello que incida directamente sobre la determinación de la superficie catastral y que afecte a la exactitud de la misma.



Como parte final de este Capítulo, se van a considerar las tendencias actuales en las técnicas de revisión catastral, algunas de las cuales se van incorporando muy lentamente, pero que muchas veces vienen forzadas por el hecho de estar integrados en la Comunidad Europea y por la necesidad de armonizar procesos en nuestro Estado de las Autonomías.

5.2 Conceptos sobre el Catastro y la revisión catastral.

Etimológicamente, parece aceptado que el término Catastro procede de la palabra latina *Capistratum*, que significa medida de la cabida o capacidad. Y en este sentido se entiende el Catastro actual, orientado en gran parte a la determinación de la superficie de cada parcela.

Se podría definir el Catastro como el registro descriptivo y gráfico de las fincas de naturaleza rústica y urbana, que tiene como principal función la determinación de la propiedad territorial y la determinación de la riqueza de un municipio [Berné, 2000], para en base a ello, establecer las obligaciones contributivas de sus propietarios frente al Estado.

El Catastro se establece por este motivo como un censo en el que figuran inscritos todos los bienes inmuebles (terrenos, edificaciones, ...) de un municipio, incorporando en su inventario datos como el propietario, las superficies, los aprovechamientos, la clasificación y los valores.

Respecto al concepto de revisión catastral, la propia Dirección General del Catastro lo define como los trabajos que tienen por finalidad detectar y recoger las variaciones experimentadas en los datos y descripciones de los bienes inmuebles de un determinado municipio. Como datos y descripciones hay que entender los gráficos y los alfanuméricos.

Este inventario de bienes inmuebles, que hasta hace bien poco se ha realizado y conservado en papel, hoy está bastante organizado e informatizado, y constituye una valiosa base cartográfica de carácter polivalente (jurídico, agronómico, de planeamiento, ...).



Tradicionalmente, se ha considerado dentro del Catastro dos apartados muy diferenciados: por un lado, el Catastro de Rústica y, por otro, el Catastro de Urbana. Ambos tienen una fuerte componente cartográfica, que se materializa en multitud de documentos gráficos con diferentes formatos y escalas. Esta Tesis se centrará en el estudio del Catastro de Rústica, en todo aquello relacionado con la superficie catastral, aunque muchos de los aspectos analizados y conclusiones obtenidas, podrían aplicarse también a la superficie catastral urbana.

5.2.1 La parcela catastral

Se entiende por parcela catastral a la porción de terreno delimitada por una línea poligonal que la separa del resto de propiedades y que pertenece a un solo propietario o a varios en proindiviso [Berné, 2000]. Dentro de una parcela catastral se pueden diferenciar varias subparcelas, que son zonas que presentan características homogéneas de tipo de cultivo, aprovechamiento, intensidad productiva, etc.

El concepto de parcela catastral se suele confundir muy a menudo con el concepto de finca. Una finca o predio, es la porción de terreno continua formada por una parcela o varias contiguas y que pertenece a un solo propietario o a varios en proindiviso. En esta Tesis, es fundamental diferenciar convenientemente ambos conceptos, ya que los datos catastrales se refieren a parcelas catastrales y la digitalización sobre ortofotografías suele hacerse sobre fincas. Muchas veces coincidirán, pero en otras ocasiones no.

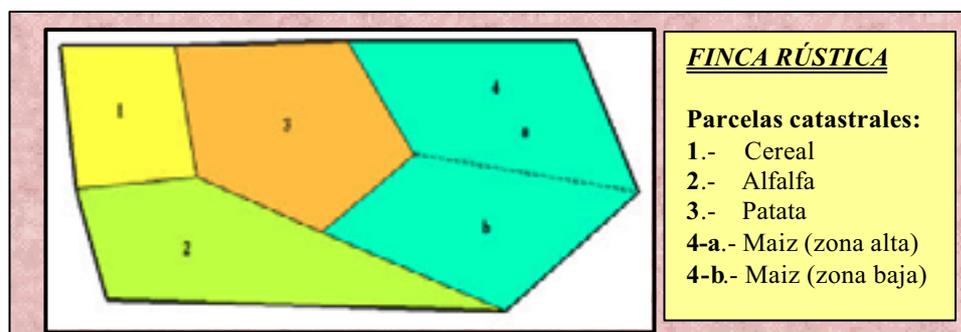


Fig. 5.1 - Diferencias entre Parcela catastral y Finca.



5.2.2 La superficie catastral

Otro concepto importante que es preciso determinar, y que es causa de muchos conflictos jurídico-administrativos, es el concepto de superficie catastral. Se debe entender por superficie catastral la superficie agraria de una parcela bien definida por sus linderos, que sirve como base para el establecimiento de su valor catastral y la correspondiente contribución territorial a satisfacer por su propietario. La superficie agraria es la superficie de la proyección horizontal de los linderos que la definen. Aunque si se quiere ser estricto, habría que decir que la superficie catastral es la superficie de una parcela en Proyección UTM (Universal Transversa de Mercator), ya que éste es el sistema cartográfico adoptado internacionalmente para la representación gráfica de toda la cartografía catastral.

Es además necesario diferenciar el concepto de superficie catastral, de otros conceptos muchas veces utilizados como sinónimos, y que en sus ámbitos específicos, tienen significados muy diferentes. Estos son: superficie registral, superficie legal, superficie real.

La superficie registral de una parcela es la superficie que figura inscrita en el asiento correspondiente del Registro de la Propiedad. Las fuentes de información para esta superficie pueden ser diversas: desde la meramente declarada por los intervinientes en un contrato de compra-venta, hasta la deducida de una medición topográfica o deslinde. Superficie Catastral y Superficie Registral pueden no coincidir y de hecho así sucede habitualmente. En el artículo 9 de la vigente Ley Hipotecaria sólo se expresa que en toda inscripción, se incluirá la *medida superficial* de los inmuebles, sin especificar nada más en este sentido. El artículo 51 de su Reglamento especifica que dicha medida superficial *se expresará en todo caso en el sistema métrico decimal*, y admite la posibilidad de identificar la parcela mediante *definición topográfica con arreglo a un sistema de coordenadas geográficas referido a las Redes Nacionales Geodésicas y de Nivelación*.

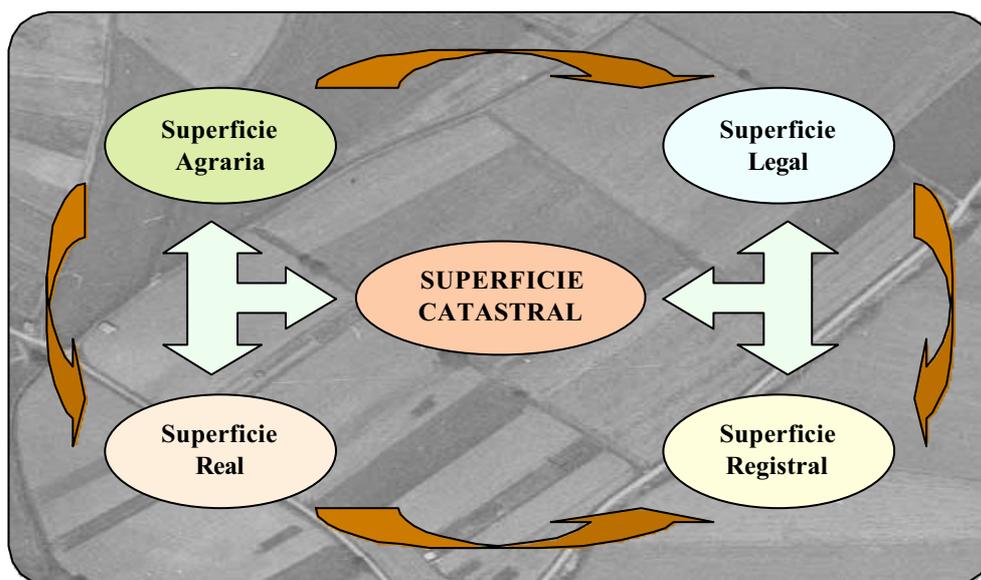


Fig. 5.2 - Distintos conceptos relacionados con la superficie catastral.

A pesar del esfuerzo por aclarar los términos, hay que reconocer que las diferencias entre ambos conceptos existen. La superficie catastral tiende a reflejar la realidad física de una parcela y la superficie registral se preocupa por su realidad o situación jurídica [Palanques, 1999]. No obstante, en los últimos años, se están realizando esfuerzos legislativos y de procedimiento para coordinar las tareas de los Registros de la Propiedad y los del Catastro (Ley 13/1996, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales Administrativas y de Orden Social; Capítulo IV, Sección 4ª y Disposición Transitoria Octava y Final Quinta).

Otra denominación, cuyo significado es muy semejante, es la superficie agraria. Podría definirse como la superficie de la proyección ortogonal de una parcela sobre un plano horizontal. Esta superficie es la que intenta registrar la superficie catastral, ya que se deriva directamente de la forma en que están dispuestos los linderos en el plano.

Respecto a la superficie real de una finca rústica, simplemente decir que se denomina así a la superficie verdadera, tomada en tres dimensiones, y considerando el auténtico relieve de la parcela. La superficie catastral será por tanto siempre menor o igual que la superficie real.



Por último, muchas veces se habla de la superficie legal de una parcela. Con este concepto se quiere hacer referencia a la superficie sobre la que se está perfeccionando un acto jurídico sobre una finca. Depende del tipo u objeto de contrato, unas veces la superficie legal se estará refiriendo a la superficie catastral, otras veces a la registral y otras incluso a la real.

Mientras no se diga lo contrario, en esta Tesis siempre se estará hablando de la superficie catastral de las parcelas o de las fincas rústicas.

5.3 Antecedentes históricos del Catastro.

Para entender la situación actual del Catastro y de la variedad de procedimientos catastrales que hoy en día se llevan a cabo conjuntamente, es conveniente hacer una pequeña reflexión sobre la evolución de los mismos, a lo largo de los últimos años, especialmente, a partir de finales del siglo XVIII.

En 1789, año de la Revolución Francesa, se produjo un cambio de mentalidad en el régimen de tributación, que hasta entonces había favorecido a grupos privilegiados (Corona, Nobleza, Iglesia,...). El Catastro se concibió como el mejor instrumento para la modernización del Estado. Para repartir los impuestos en función de la riqueza, se favoreció la realización del Catastro apoyado en una cartografía basada en la medición técnica sobre el terreno.

En 1837, con Mendizábal, se crea la primera Contribución Territorial de la Historia de España, aunque nunca llegó a aplicarse ni recaudarse. Ocho años más tarde, se crea la Comisión Estadística, estableciendo la llamada “Contribución de inmuebles, cultivos y ganadería” (Reforma Tributaria de Mon), que soportaban los hacendados para cubrir la cantidad fijada para el municipio y para la provincia. En 1850 se instauró el llamado Amillaramiento, que consistía en un sistema de información sobre la riqueza basado en las declaraciones de los contribuyentes, pero con poca o nula base cartográfica.



En 1856 se creó la Comisión de Estadística General del Reino, presidida por Narváez y se iniciaron los trabajos encaminados a elaborar la carta geográfica de España, los planos topográficos para su aplicación catastral y la realización del catastro de la riqueza territorial. En 1859, se promulgó la Ley para la Medición del Territorio y en 1865 el Reglamento General de Operaciones Topográficas Catastrales, que pretendían realizar los planos parcelarios con gran precisión y rigor, y ajustados a la Red Geodésica. Pero en 1870 se suspendieron los trabajos y se crea el Instituto Geográfico, entre cuyas misiones estaba la elaboración y conservación de los Planos Topográficos para el Catastro.

En 1900, se crea el Catastro por Masas de Cultivo y Clases de Terreno. En 1906 se sanciona la Ley del Catastro Parcelario de España y en 1913 se promulga su Reglamento, constituyendo ambas disposiciones la base de nuestro catastro actual [Berné, 2000].

En esta Ley, se define por primera vez la parcela como la unidad básica del catastro y como elemento de reparto del impuesto territorial. Aunque se avanzó en gran medida en la elaboración de los Planos parcelarios, los trabajos pronto se vieron frenados por los intereses enfrentados de muchos terratenientes.

En 1925 se promulga la Ley del Catastro Topográfico Parcelario y en 1928, su Reglamento. Los Planos parcelarios ya solo se levantarían por topografía clásica, definiendo, deslindando y superficiando las parcelas y subparcelas de manera individual. Aquí se fijan claramente las funciones del Catastro, expresando que comprenderá *la enumeración y descripción literal y gráfica de las parcelas y fincas que integran las riquezas agrarias, de montes y urbana,...*, con expresión de propietarios, superficie, situación, linderos, cultivos o aprovechamientos, calidades, valores, beneficios y demás circunstancias que den a conocer la propiedad inmueble y la definan en sus diferentes aspectos y aplicaciones.



Se definen igualmente con acierto y precisión los conceptos de parcela catastral rústica, finca rústica, subparcela y otros términos y se establecen los documentos gráficos del Catastro Parcelario, como son el Plano General de Polígonos Topográficos Catastrales y los Planos Parcelarios de cada polígono, estructura que aún hoy en día se mantiene.

Por estos años (1925-1935), se comienzan a realizar los primeros ensayos de ejecución catastral a través de fotografías aéreas y los primeros trabajos reales, introduciéndose al fin las técnicas fotogramétricas en la elaboración del Catastro.

En 1941, tras la Guerra Civil española, una Orden Ministerial fija los trabajos catastrales a desarrollar, que se encaminarán, por un lado, a la conservación de los Catastros Parcelarios existentes y, por el otro, a la formación de nuevos Catastros por topografía clásica o por fotografía aérea. Al año siguiente, la Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral edita las *Instrucciones para la ejecución del Catastro Topográfico*, que constituyen un documento básico de cómo hacer bien el Catastro combinando las técnicas topográficas, cartográficas y fotogramétricas.

5.3.1 La historia reciente en el Catastro de Rústica

Podría hablarse de la reciente historia del catastro de rústica en España, a partir del año 1978, año en que se inicia la reforma tributaria de Fernández Ordóñez. La recaudación del impuesto o contribución territorial pasa de la Administración Central a las Entidades Locales, creándose los Consorcios de Gestión e Inspección de las Contribuciones Territoriales, que en 1985 se integraron en el Organismo Autónomo denominado Centro de Gestión y Cooperación Tributaria y que luego, en 1987, paso a llamarse Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria. En la actualidad es una Dirección General directamente dependiente de la Secretaría de Estado de Hacienda.



Desde 1980, la labor de producción y conservación de la cartografía catastral ha pasado del Instituto Geográfico Nacional a los Consorcios y al Centro de Gestión y ésta se ha realizado de una manera casi exclusiva utilizando la fotografía aérea como material de base. Durante estos últimos 15 o 20 años, el Centro de Gestión Catastral ha tenido como objetivos básicos, los siguientes:

- elaboración de Ortofotografías y Ortofotomapas, que sirvan de base para la elaboración y/o renovación del Catastro.
- ejecución de nueva cartografía o revisión de la existente.
- digitalización de la cartografía, para su inclusión y control en sistemas informáticos
- implantación de un Sistema de Información Geográfica de ámbito catastral.
- control métrico de la cartografía catastral generada.

En 1990, se publicó un Real Decreto en el que se modificaba el Reglamento de la Ley Hipotecaria en el tema de la coordinación entre el Catastro y los Registradores de la Propiedad, especificándose en él claramente tanto la forma como los instrumentos para su realización efectiva. Los Registradores deberán ahora comunicar al Catastro las transmisiones inscritas y el Catastro quedará obligado a entregar a los Registros de la Propiedad la cartografía catastral necesaria para la identificación de las fincas. Se define la Referencia Catastral como único elemento de identificación geográfica de una parcela.

La coordinación jurídico-catastral prosiguió con la Ley de Presupuestos de 1991, en donde se introduce el mismo principio de intercambio de información, ahora entre Catastro y Notarios. Estos deberán comunicar al Catastro las modificaciones y transmisiones por ellos autorizadas.

La Ley 13, de 30 de diciembre de 1996, de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social, se puede considerar como el verdadero



inicio en el desarrollo de la coordinación entre las instituciones catastral y registral [Palanques, 1999], apoyada a su vez por las normas complementarias al Reglamento de la Ley Hipotecaria, establecidas por Real Decreto 1093/1997 de 4 de julio. Aunque todavía queda mucho por hacer, sobre todo en el ámbito de los bienes inmuebles rústicos.

Todas estas disposiciones normativas están posibilitando y agilizando la actualización del Catastro en España, y además, están permitiendo que la realidad jurídica se acerque cada vez más a la realidad física y catastral.

RESUMEN DE LOS HECHOS HISTORICOS EN EL CATASTRO DE ESPAÑA

- 1837. Mendizábal, Primera contribución Territorial de España
 - 1845. Reforma tributaria de Mon. COMISION DE ESTADISTICA
 - 1850. Implantación del sistema de AMILLARAMIENTO
 - 1856. Narvárez, COMISION DE ESTADÍSTICA GENERAL DEL REINO
 - 1859. LEY DE MEDICIÓN DEL TERRITORIO
 - 1865. REGLAMENTO GENERAL DE OPERACIONES TOPOGRÁFICAS CATASTRALES
 - 1870. Creación del INSTITUTO GEOGRÁFICO
 - 1900. Creación del CATASTRO DE MASAS DE CULTIVO Y CLASES DE TERRENO
 - 1906. LEY DEL CATASTRO PARCELARIO DE ESPAÑA
 - 1913. REGLAMENTO DE LA LEY DEL CATASTRO PARCELARIO DE ESPAÑA
 - 1925. LEY DEL CATASTRO TOPOGRÁFICO PARCELARIO
 - 1928. REGLAMENTO DE LA LEY DEL CATASTRO TOPOGRÁFICO PARCELARIO
 - 1942. INSTRUCCIONES PARA LA EJECUCIÓN DEL CATASTRO TOPOGRÁFICO PARCELARIO
-
- 1978. Reforma tributaria de Fernández Ordóñez
 - 1979. CONSORCIOS DE GESTIÓN E INSPECCIÓN DE LAS CONTRIBUCIONES TERRITORIALES
 - 1985. Se crea el CENTRO DE GESTIÓN Y COOPERACIÓN TRIBUTARIA
 - 1987. CENTRO DE GESTIÓN CATASTRAL Y COOPERACIÓN TRIBUTARIA
 - 1990. Coordinación entre el CATASTRO y EL REGISTRO DE LA PROPIEDAD
 - 1991. Coordinación entre CATASTRO y NOTARIOS
 - 1996. LEY 13 DE MEDIDAS FISCALES (potencia relación CATASTRO/REGISTRO)
 - 2000. Instrucción sobre implantación de la base cartográfica en los Registros

Fig. 5.3 - Esquema sobre la evolución histórica del Catastro en España.



5.4 Situación actual del Catastro de rústica.

En la actualidad, el Catastro de Rústica se lleva a cabo por el Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria dependiente del Ministerio de Economía y Hacienda. Entre sus funciones principales está la ejecución, la revisión y la renovación del Catastro de rústica, con la correspondiente elaboración de la cartografía catastral. Además se ha puesto como objetivo la implantación de un Sistema de Información Geográfica Catastral, al que se denomina con las siglas SIGCA [Serrano, 2000].

Según decreto de 1993, las principales funciones del Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria son:

- ✓ Realización, dirección, control y coordinación de la ejecución, formación, conservación y revisión de los Catastros Inmobiliarios.
- ✓ Estudio y coordinación de los sistemas de valoración de los bienes inmuebles, la coordinación de los valores catastrales resultantes y la aprobación de valores.
- ✓ Elaboración de estudios de normas y sistemas de trabajo.
- ✓ Inspección del Impuesto sobre Bienes Inmuebles.
- ✓ Gestión y disponibilidad de la base de datos catastrales como servicio público externo.
- ✓ Diseño, explotación y mantenimiento de los sistemas y medios informáticos.
- ✓ Gestión de tasas de acreditación e inspección catastral.
- ✓ La colaboración e intercambio de información con Notarios y Registradores de la Propiedad en la identificación de los bienes inmuebles objeto del tráfico inmobiliario, mediante la constancia documental de la referencia catastral.
- ✓ Impulso y coordinación de las actuaciones a desarrollar en el ámbito territorial, a través de las correspondientes Gerencias Territoriales.



Para la actualización de los catastros rústicos, se utilizan desde hace varios años, las ortofotografías, que sirven de base para dicha renovación y, como producto derivado, a partir de ellas se obtiene la cartografía rústica informatizada.

Hasta 1997/98, las ortofotografías obtenidas por la Dirección General del Catastro, lo eran en formato analítico y en soporte de papel fotográfico. La escala más normal para estos propósitos es la 1/5.000, aunque en zonas muy concretas, con excesiva parcelación, se han realizado ortofotos a escala 1/2.000 e incluso 1/1.000 (Galicia, Santander, Asturias).

A partir de 1998 comenzaron a obtenerse ortofotografías digitales con resoluciones de 1 metro/pixel y de 0,25 metros/pixel y rangos radiométricos de 256 niveles de gris. La parte experimental de esta Tesis, se ha desarrollado con este tipo de materiales. A partir del presente año 2001, las ortofotografías digitales elaboradas por la Dirección General del Catastro, y que serán utilizadas en los próximos trabajos de renovación catastral, son en color y con resoluciones en torno a 0,4 metros/pixel.

La cartografía catastral informatizada se obtiene en los procesos de renovación del catastro mediante digitalización de los planos parcelarios, previamente volcados sobre las ortofotografías.

5.4.1 Marco actual de los procesos de renovación catastral rústica

La renovación catastral rústica se define como el procedimiento mediante el cual se actualizan todos los datos físicos y jurídicos de los inmuebles de naturaleza rústica de un término municipal. Este proceso trae consigo la formación de un catastro totalmente informatizado.

Aunque hay actuaciones importantes anteriores, sólo a partir de 1987, con la creación del Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria y la promulgación de la Ley 13/1988, reguladora de las Haciendas Locales, ya se puede hablar de un Catastro moderno en España [Serrano, 2000]. En



este año 1988, se establecieron varios Planes de trabajo para actualizar el Catastro en soporte magnético: Plan de Informatización (que incluye la cartografía digital), Plan de Cartografía (obtención de ortofotografías para rústica y cartografía digital para urbana), Plan de Renovación y Revisión Catastral Rústica y Urbana, etc.

En los catastros de rústica la situación de partida era muy heterogénea y desigual: unos municipios sólo tenían amillaramiento, otros contaban sólo con croquis parcelarios muy antiguos, de otros se disponía de fotografías aéreas de la década de los años 50 y con planos parcelarios del Instituto Geográfico Nacional o de Concentración Parcelaria (sin georreferenciar).

Ante esta situación, la renovación y actualización de estos catastros se planteó de la siguiente forma:

- ◆ en primer lugar era necesario obtener ortofotografías de todo el territorio a escala 1/5.000 con carácter general, que sirvieran de base cartográfica y geométrica para la actualización de los catastros.
- ◆ a continuación se contrarían los trabajos de renovación del catastro (investigación de la propiedad, definición de parcelas y subparcelas, cultivos y aprovechamientos, etc.), que a efectos prácticos supone:
 - volcado de la cartografía catastral existente (planos, croquis, ...) sobre las ortofotografías.
 - trabajo de campo buscando las segregaciones, agrupaciones, cambios de parcelas, etc., hasta conseguir una Ortofotografía retintada (minuta) con el parcelario actualizado y renovado.
 - digitalización de la minuta para obtener la cartografía informatizada.
- ◆ Volcado de la cartografía informatizada en los sistemas informáticos centrales.
- ◆ Cruce y validación de la base de datos gráfica y alfanumérica
- ◆ Incorporación definitiva al Sistema de Información Geográfico Catastral

El Plan de renovación de catastros de rústica se ha visto impulsado y financiado por la Comisión Europea, a través de los apoyos e intervenciones estructurales en la Regiones Objetivo 1 (diez Comunidades Autónomas, entre las que no se encuentra La Rioja). El 19 de octubre de 1996, la Comisión Europea acordó la Decisión relativa al Programa Operativo de Actualización de Datos del Territorio para el período 1996-2000, cofinanciado con fondos FEDER/FEOGA en un 75 % y por valor de unos 13.000 millones de pesetas (78 Millones de Euros).

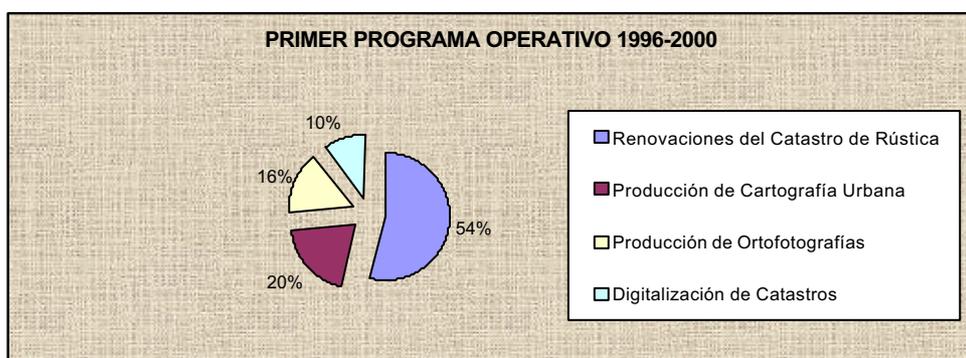


Fig. 5.4 - Gráfico de inversiones del Primer Programa Operativo, por tipo de inversión.

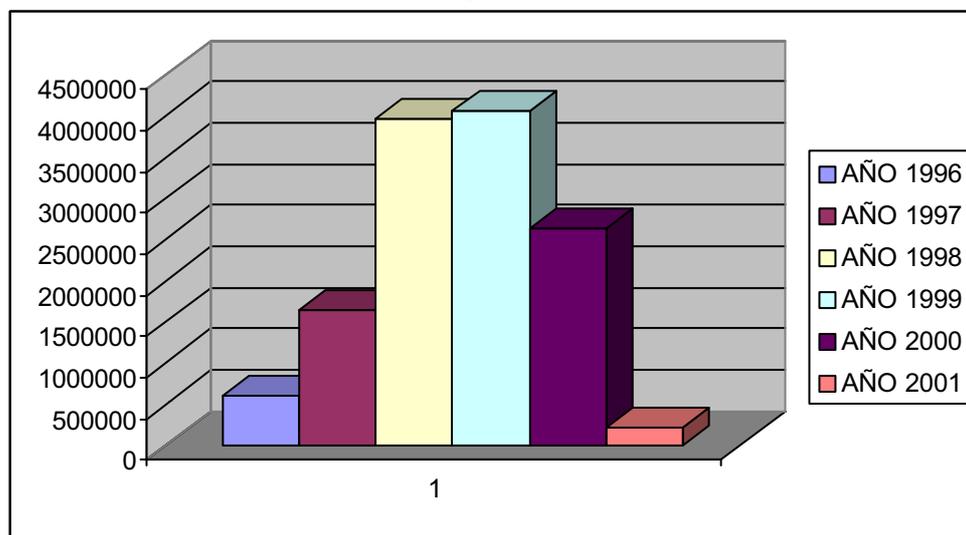


Fig. 5.5 - Gráfico de inversiones del Primer Programa Operativo, por anualidades.

En estos momentos, se desarrolla el Segundo Programa Operativo regionalizado, cuyo objetivo es alcanzar la renovación del 100 % de los municipios, con cartografía digital sobre ortofotografía, en el año 2005. Se



pretende renovar 1.732 municipios con 12.355.804 Has. y 9.510.759 de parcelas, así como la obtención de ortofotografías para 764 municipios, que representan 4.623.344 Has. Este segundo Programa igualmente sólo afecta a Regiones Objetivo 1, por lo que los trabajos en Aragón, Baleares, Cataluña, Madrid y La Rioja, son financiados íntegramente por la Dirección General del Catastro. El objetivo para estas Comunidades es terminar la renovación también para el año 2005.

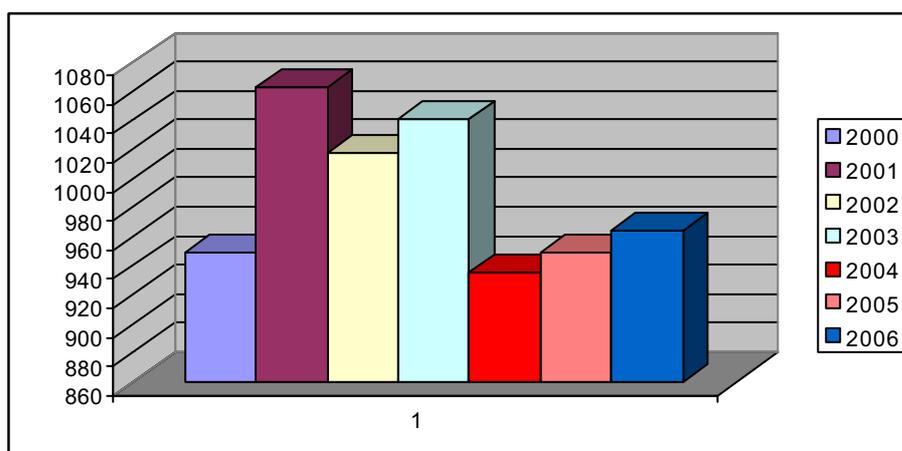


Fig. 5.6 - Gráfico de inversiones en el Segundo Programa Marco.

De esta forma, se pretende contar con un Sistema de Información del Territorio que incluya una base cartográfica catastral actualizada e incorporada al Sistema de Información Geográfica del Catastro. Pretende además impulsar el proceso de actualización del Catastro de Rústica y la obtención de cartografía digital de los catastros rústico y urbano de las Regiones Objetivo 1.

Las acciones concretas a desarrollar y su coste, son las siguientes:

- ◆ Actualización de los datos físicos, jurídicos y económicos de los bienes inmuebles de naturaleza rústica que estén aún sin actualizar. (7.077 Millones de Pesetas) 55 %
- ◆ Producción de cartografía urbana digital. (2.606 Millones de Pesetas) 20 %
- ◆ Producción de Ortofotografías a escala 1:5.000 a partir de vuelos 1:20.000, con recubrimiento longitudinal mínimo del 90 %. (1.985 Millones de Pesetas) 15 %
- ◆ Producción de cartografía digital rústica y digitalización de la actualmente existente sobre papel o fotografía aérea. (1.251 Millones de Pesetas) 10 %



Para llevar a cabo estas acciones, la Dirección General del Catastro contrata los trabajos con empresas especializadas mediante concursos específicos, elaborando los Pliegos de Cláusulas Administrativas y de Prescripciones Técnicas y coordinando todo el proceso. Se prevé que para el año 2006 se tendrá la informatización completa de todos los datos catastrales gráficos y alfanuméricos del territorio.

5.4.2 Datos recientes sobre obtención de ortofotografías

Desde al año 1988 y hasta aproximadamente 1996, se empezaron a realizar Ortofotografías convencionales partiendo de un vuelo obtenido por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Las escalas de las ortofotos eran 1:5.000 en general, y ampliaciones a 1:2.000 para zonas especiales con tamaños de parcelas pequeños.

Además, durante este período, se firmaron convenios entre la Dirección General del Catastro y las Comunidades Autónomas de Cataluña y Valencia, para la realización de ortofotografías y su uso en común.

A partir de 1996, la propia Dirección General del Catastro empezó la producción de sus propias ortofotografías, también a una escala 1:5.000 en general y para zonas concretas, obtención directa de ortofotos 1:2.000, sin ampliación.

A partir de 1998, las ortofotografías contratadas son todas digitales y en dos series: unas, con tamaño de pixel 1metro y, otras, con 0,25 metros/pixel. A partir del año 2000, las ortofotografías digitales se contratan en color, a escalas 1:5.000 y 1:2.000 y con tamaño de pixel que va de 0,4 m/p a 0,2 m/p.

En el año 2000 se firma un acuerdo entre el MAPA y la Dirección General del Catastro, por el que el primero cede las ortofotografías digitales utilizadas en el Sistema de Información Geográfica Oleícola en 34 provincias españolas. La resolución es de 1 m/pixel.



Con datos de enero de 2001, la cobertura de las ortofotografías de la Dirección General del Catastro es la siguiente:

Municipios con Ortofotografía.....	6.700 (88 %)	42.500.000 Has. (90 %)
Municipios sin Ortofotografía.....	874 (12 %)	4.565.151 Has. (10 %)

Municipios con Ortofotografía digital	1.275 (19 %)	8.100.000 Has. (19 %)
Municipios con Ortofotografía convencional	5.425 (81 %)	34.400.000 Has. (81 %)



Fuente: Subdirección General de Catastros Inmobiliarios

5.4.3 Datos recientes sobre las renovaciones catastrales.

Hasta el año 1996, la Dirección General del Catastro, consideraba renovados los municipios en los que se actualizaban los datos de catastro, sin más exigencias. A partir de esta fecha, se exige además que dicha renovación se haya realizado sobre Ortofotografía y que se genere la cartografía informatizada correspondiente. Esto supone, que los municipios “renovados” en un principio sobre planos parcelarios, se han de contratar de nuevo para realizar la renovación sobre ortofoto.

Existen en España muchos municipios agregados, que distorsionan las estadísticas, ya que no se consideran renovados hasta que no lo están todos los núcleos que los forman. Aunque se trabaja a un buen ritmo, todavía quedan unos 900 por completar.



Otras veces, municipios ya renovados, inician un proceso de Concentración Parcelaria, por lo que es necesario volver a contratar los trabajos de renovación.

Estos y otros aspectos peculiares, impiden que las estadísticas catastrales sean todo lo exactas que se pudiera desear en condiciones normales. A pesar de ello, a continuación se presentan los datos existentes en la Dirección General del Catastro a fecha enero de 2001 y relativos a los procesos de renovación del Catastro de Rústica:

Municipios renovados hasta 1996:	1.844 (24 %)	10.876.892 ha (23 %)
Municipios renovados de 1996 a 2000:	2.819 (37 %)	17.625.028 ha (37 %)
Municipios que finalizan en 2001-2002:	1.197 (16 %)	8.112.553 ha (17 %)
Suman:	5.860 (77 %)	36.614.476 ha (78 %)
Pendientes:	1.174 (15 %)	6.664.989 ha (14 %)

Fuente: Subdirección General de Catastros Inmobiliarios

El dato cierto es que en estos momentos, siendo el primer trimestre del año 2001, se dispone de 4.443 municipios renovados, con cartografía digital cargada en los sistemas informáticos de Catastro, siendo su distribución territorial la siguiente:

GERENCIA	Nº MUNICIPIOS	GERENCIA	Nº MUNICIPIOS
ALBACETE	74	LEON	138
ALICANTE Capital	1	LERIDA	192
ALICANTE Provincia	100	LUGO	39
ALMERIA	76	MADRID Capital	1
AVILA	167	MADRID Provincia	87
BADAJOS	49	MALAGA Capital	1
BALEARES Capital	1	MALAGA Provincia	58
BALEARES Provincia	45	MELILLA	1
BARCELONA Area Metropolitana	27	MURCIA Capital	1
BARCELONA Provincia	195	MURCIA Provincia	20
BURGOS	163	ORENSE	53
CACERES	81	OVIEDO	61
CADIZ	21	PALENCIA	144
CANTABRIA	95	PONTEVEDRA	33
CARTAGENA	1	SALAMANCA	119
CASTELLON	113	SEGOVIA	97
CIUDAD REAL	76	SEVILLA Capital	1



CORDOBA Capital	1	SEVILLA Provincia	52
CORDOBA Provincia	33	SORIA	94
CORUÑA, LA Provincia	47	STA CRUZ TENERIFE	53
CUENCA	110	TARRAGONA	101
GIJON	2	TERUEL	73
GIRONA	181	TOLEDO	141
GRANADA Capital	1	VALENCA Capital	1
GRANADA Provincia	142	VALENCAI Provincia	59
GUADALAJARA	152	VALLADOLID Capital	1
HUELVA	52	VALLADOLID Provincia	224
HUESCA	89	VIGO	4
JAEN	75	ZAMORA	157
JEREZ DE LA FRONTERA	8	ZARAGOZA Capital	1
LA RIOJA	80	ZARAGOZA Provincia	144
LAS PALMAS	34		
		TOTAL	4443

Fuente: Subdirección General de Catastros Inmobiliarios

En el ejercicio 2001, se va a contratar por la Dirección General del Catastro, la renovación de 225 municipios, que representan unas 2.000.000 de Has., en tanto se habilitan los créditos correspondientes al 2º Programa Operativo cofinanciado por la Unión Europea.

5.5 Situación actual del Catastro de rústica en La Rioja.

Los trabajos de revisión catastral en La Rioja se financian completamente con fondos de la Dirección General del Catastro, ya que dicha Comunidad Autónoma no está incluida dentro de las Regiones Objetivo 1. Anualmente se planifican los trabajos de renovación catastral, con el propósito de alcanzar el objetivo nacional de disponer de cartografía catastral rústica informatizada de todos los municipios de la Comunidad, e integrarla en el Sistema de Información Geográfico Catastral, antes del año 2005.

La situación de los trabajos de renovación catastral rústica en la Comunidad Autónoma de La Rioja es la que se representa en el siguiente Mapa, diferenciándose los realizados antes de 1990 sobre planos catastrales, de los ejecutados sobre ortofotografía.

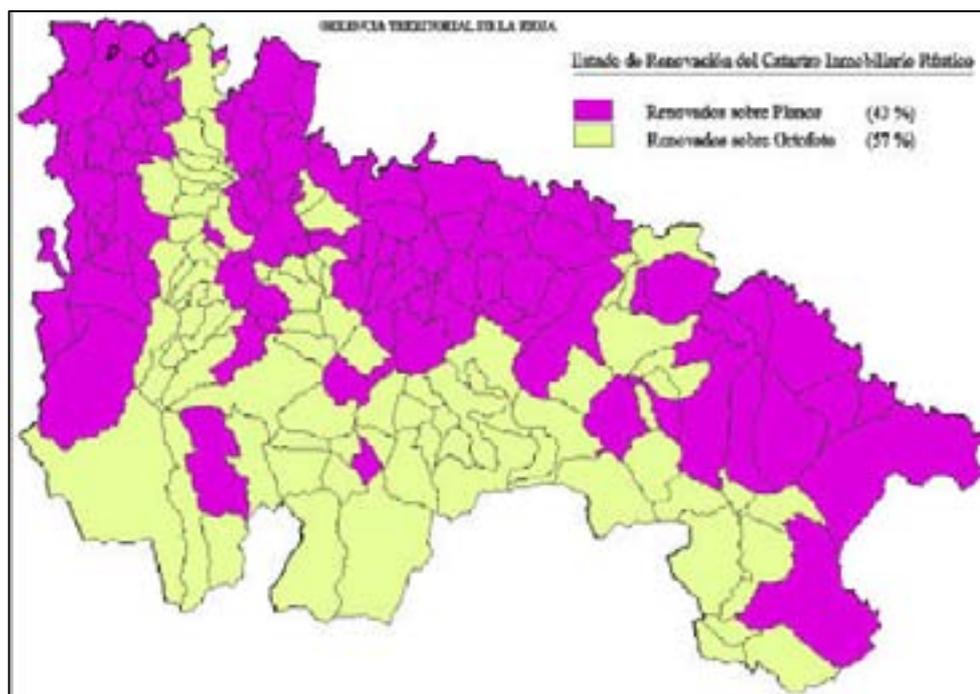


Fig. 5.7 - Renovación catastral rústica en La Rioja.

A fecha 30 de Julio de 2001, los datos aportados por la Gerencia Territorial de La Rioja, son los que resumidamente se adjuntan a continuación:

Municipios con cartografía rústica informatizada	100
% Municipios respecto al total	57 %
Superficie de municipios con cartografía rústica informatizada	277.813 Has.
% Superficie respecto a la total	53 %
Número de parcelas con referencia gráfica	343.893
Número de parcelas con referencia alfanumérica	338.665
% Error en la validación de parcelas gráficas	0,4 %
% Error en la validación de parcelas en alfanumérico	0,51 %
% de parcelas con error en la validación de superficies inferior al 40 %	98,31 %
Volumen de la información de rústica	1004 Mb

Fig. 5.8 - Datos de la situación actual del Catastro en La Rioja.



Municipio	Has.	Referencias		Errorsuperficial < 40 %	Municipio	Has.	Referencias	
		Gráficas	Alfanuméricas				Gráficas	Alfanuméricas
ABALOS	1820,78	4997	4997	100	LEDESMADELA COGOLLA	1237,4	2.545	2.534
AGUILAR DE RIO ALHAMA	5399,8	5.583	5.252	94,34	LEIVA	1267,2	1.380	1.380
AJAMIL	6607,4	3.269	3.270	100,00	LUMBRENAS	14164,8	4.807	4.808
ALBELDA DE REGUA	2311,8	4.703	4.703	100,00	MANIARRES	627,0	568	547
ALBERITE	2012,3	5.815	5.815	100,00	MANSILLA	12710,0	4.465	4.076
ALCANADRE	3121,7	8.711	8.713	99,97	MANZANARES DE RIOJA	1809,0	1.098	1.097
ALDEANUEVA DE EBRO	3889,4	6.050	6.050	100,00	OCÓN	6088,0	14.253	14.082
ALFANCO	1738,4	2.191	2.126	95,68	MUNILLA	5026,5	3.308	3.246
ALFON	644,7	2.172	2.173	100,00	MURO DE AGUAS	3109,9	5.572	5.406
ALMARZA DE CAMEROS	2803,6	3.591	3.593	100,00	MURO EN CAMEROS	1617,3	3.776	3.776
ANGUCIANA	509,8	1.123	1.121	99,82	NAVAJUN	1661,9	2.293	2.212
ANGLIANO	9139,4	10.124	10.127	99,97	NESTARES	2099,3	785	785
ARENZANA DE ABAJO	857,3	3.652	3.650	99,84	NIÑA DE CAMEROS	4088,7	3.017	3.025
ARENZANA DE ARRIBA	593,1	953	953	92,03	OCHANDURI	1200,2	902	902
ARNEDILLO	4860,9	9323	9323	99,99	ORTIGOSA	3405,1	1.867	1.867
ARRUBAL	760,7	960	960	100,00	PAZUENGOS	2479,2	616	616
AUTOL	8534,2	19577	19577	99,99	PEDROSO	1914,4	1.492	1.491
AZOFRA	1210,8	2031	2031	100,00	PINILLOS	1172,3	1.707	1.708
BANARES	2952,1	1.824	1.824	99,35	PRADILLO	1034,0	1.154	1.158
BERCEO	572,3	1148	1148	92,86	PREJANO	4222,3	7.754	7.661
BERGASA	2711,5	6.170	6.122	99,38	RABANERA	1352,8	2.616	2.616
BERGASILLASBAJERA	981,1	4.097	4.112	98,92	RASILLO(EL)	1374,5	1.635	1.634
BEZARES	463,1	303	290	98,73	ROBRES DEL CASTILLO	3545,3	4.519	4.479
BRIEVA DE CAMEROS	4689,0	1.179	1.016	88,00	RODEZNO	1490,2	1.684	1.683
CABEZON DE CAMEROS	1214,6	2.182	2.182	100,00	SAAZARRA	1386,1	1.659	1.659
CAMPROVIN	2027,8	7.332	7.303	99,85	SAN MILLAN DE LA COGOLLA	4023,0	3379	3379
CANALES DE LA SIERRA	7193,7	3.722	3.533	95,00	SAN ROMAN DE CAMEROS	4738,6	7.351	7.367
CANILLAS DE RIO TUERTO	360,9	461	461	98,00	SANTA COLOMA	2047,4	1.472	1.472
CAÑAS	985,5	780	773	98,00	SANTA EULALIA BAJERA	854,4	3.064	3.048
CARDENAS	410,6	2.438	2.439	100,00	SANTORCUATO	1090,1	614	614
CASAL ARREINA	836,5	1.229	1.229	99,76	SOTO EN CAMEROS	4915,8	8.457	8.458
CASTROVIEJO	2088,6	2.378	2.378	100,00	TERROBA	926,8	1.774	1.781
CIDAMON	1552,1	460	460	99,57	TOBIA	3477,9	1.698	1.698
CIRLEÑA	1227,6	956	956	99,69	TORRE EN CAMEROS	1186,3	2.770	2.770
CORERA	823,8	2.337	2.338	99,87	TREVIANA	3496,1	4.970	4.970
CORNAGO	8184,9	16.399	15.110	97,24	URIÑUELA	1057,9	3003	3003
CUZCARRITA DE RIO TIRON	1894,8	2.478	2.478	99,72	VALDEMADERA	1389,9	2.287	2.227
ENCISO	6997,0	4.689	4.367	96,66	VILLALOBAR DE RIOJA	1103,5	1.217	1.217
ESTOLLO	1660,7	1204	1204	92,27	VILLANUEVA DE CAMEROS	1904,8	1.387	1.387
FONZALECHE	1717,8	1952	1952	99,44	VILLAR DE TORRE	1216,1	744	742
GALILEA	990,6	2.201	2.204	99,82	VILLAREJO	632,6	262	256
GRAVALOS	3121,8	6.790	6.563	98,04	VILLARROVA	1210,0	2.143	2.037
HARO	4114,3	3.866	3.860	99,90	VILLARTA-QUINTANA	2450,8	1.093	1.093
HERRAMELLURI	1077,7	1.481	1.479	99,93	VILLAVELAYO	3029,9	5.930	5.638
HIEVIAS	1395,5	1.242	1.241	99,84	VILLAVERDE DE RIOJA	583,3	2.332	2.332
HORNILLOS DE CAMEROS	1208,1	2.964	2.964	100,00	VILLOSLADA DE CAMEROS	9463,0	3.558	3.390
HURCANOS	2143,3	6238	6238	96,39	VNIEGRA DE ABAJO	6591,4	2.364	2.125
ICEA	5372,5	8.438	7.960	94,89	VNIEGRA DE ARRIBA	3888,4	4.424	4.183
JALON DE CAMEROS	832,6	2.649	2.656	99,96	ZARRATON	1828,9	1.757	1.756
LAGUNA DE CAMEROS	4141,8	3.859	3.860	100,00	ZARZOSA	1853,5	110	140

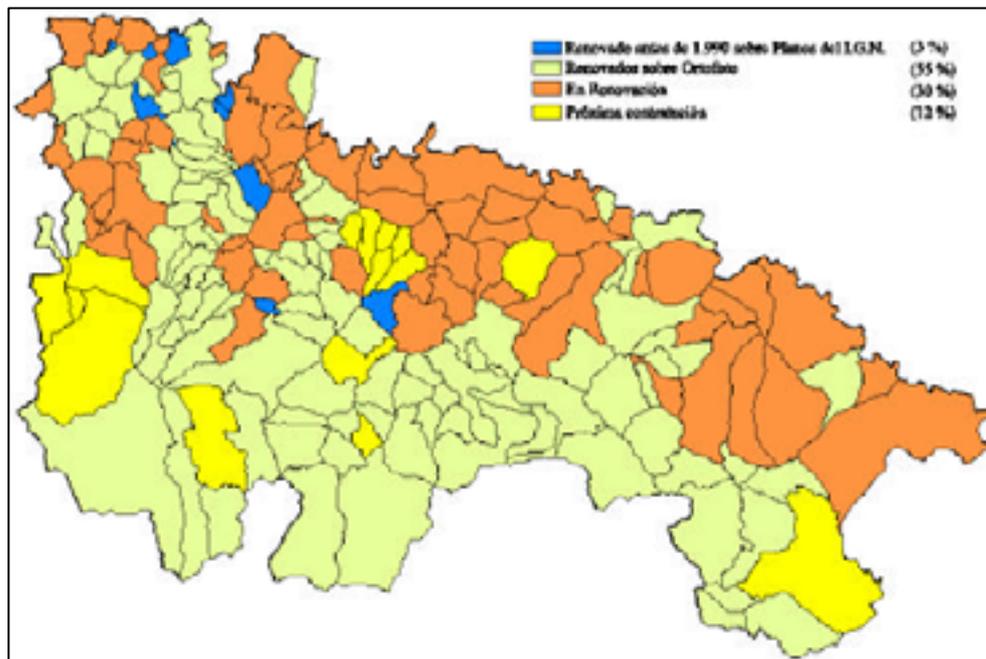


Fig. 5.9 - Avance de los trabajos de Revisión Catastral rústica en La Rioja.



5.6 Metodología utilizada para la renovación catastral rústica.

Antes de describir las principales fases de ejecución material de los trabajos de renovación catastral rústica, es adecuado expresar las características y propiedades que definen a una parcela y a su propietario a efectos de Catastro. El actual sistema de Catastro puede definirse como un Catastro parcelario, ya que la unidad básica tributaria es la parcela [Berné, 2000]. Además, en todo Catastro hay que diferenciar y a la vez relacionar sus dos componentes principales, la gráfica (planos, fotografía aéreas, ortofotografías, ...) y la alfanumérica (datos sobre las características físicas, jurídicas o económicas de las parcelas). Estas últimas son:

BIBLIOTECA VIRTUAL

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- ☞ **Situación geográfica: municipio, paraje, nº polígono, nº parcela, ...**
- ☞ **Propiedades geométricas y de forma**
- ☞ **Linderos**
- ☞ **Superficie Catastral**
- ☞ **Agronómicas: calificación del terreno o tipo de cultivo**

CARACTERÍSTICAS JURIDICAS

- ☞ **Titularidad**
- ☞ **Cargas y limitaciones de la titularidad**
- ☞ **Situación registral**

CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS

- ☞ **Clasificación**
- ☞ **Valoración catastral**

Lo importante es la correcta descripción de los inmuebles, la definición clara de las relaciones jurídicas entre éstos y las personas y su valoración a efectos fiscales.

El Catastro actual tiene una fuerte componente gráfica, siendo esta característica la principal diferencia con el Registro de la Propiedad, en donde la descripción jurídica y literal son las que priman. Además, otra característica predominante en nuestro Catastro es su orientación



eminentemente fiscal, ya que la situación posesoria real ocupa un segundo plano. Las parcelas deben estar bien delimitadas, valoradas correctamente y asignadas a un contribuyente.

Los procesos de actualización del Catastro de rústica llevados a cabo por la Dirección General del Catastro, se realizan todos ellos teniendo como base el material fotogramétrico. Las técnicas topográficas clásicas (levantamientos, ...) solo se utilizan en casos muy concretos para zonas pequeñas con especiales dificultades o para el control métrico de los trabajos entregados por las empresas a las que se encarga la revisión.

Tras varios años de experiencia y de evolución en la ejecución de trabajos de revisión catastral rústica por parte de la Gerencias Territoriales del Catastro, éstos se realizan prácticamente sólo a través del uso de Ortofotografía. El uso de técnicas de restitución fotogramétrica analíticas o digitales, muy utilizadas en el pasado para fines catastrales, está dejando paso a las técnicas ortofotográficas, que son más rápidas, menos costosas y más polivalentes.

De hecho, para la renovación del Catastro de rústica de un municipio, se suelen contratar independientemente por un lado, la realización de las ortofotografías y, por otro, la ejecución de los trabajos de revisión y digitalización cartográfica. Así, la Subdirección General de Catastros Inmobiliarios, ha editado Pliegos de Prescripciones Técnicas para cada una de estas fases, en donde vienen definidas las características a cumplir por las ortofotografías y las exigencias de calidad de los trabajos de renovación y digitalización cartográfica. Seguidamente, se intentan describir y definir ambas fases.

5.6.1 Prescripciones técnicas de las Ortofotografías que sirvan de base cartográfica en los procesos de revisión catastral rústica.

Comprende los trabajos de vuelo fotogramétrico color (en escala de grises antes del año 2000), apoyo fotogramétrico, aerotriangulación y

generación de ortofotografías digitales. Existen dos modalidades de actuación, según el grado de parcelación del municipio. Así, se contratan:

- ☞ **Ortofotografías a Escala 1:5.000:** para municipios cuyo grado de parcelación no requiera ampliaciones a escala 1:2000
- ☞ **Ortofotografías a Escala 1:5.000 con ampliaciones a Escala 1:2.000:** para municipios cuyo grado de parcelación requiere dicha ampliación.

En la parte experimental de esta Tesis, se va a utilizar Ortofotografía Digital, obtenida por la Dirección General del Catastro, a escala 1:5.000. Por ello, es interesante conocer las características técnicas y niveles de precisión exigidos para su elaboración.

En cuanto al formato de las ortofotografías, decir que corresponde al resultado de dividir la hoja del Mapa Topográfico Nacional 1:50.000 en 6 filas y 11 columnas, siguiendo los paralelos y meridianos.



Fig. 5.10 - Formato de las Ortofotografías 1:5.000.

Cada ortofoto 1:5.000 ocupa dos meridianos distantes 20/11 minutos y dos paralelos distantes 10/6 minutos. Estas ortofotos abarcan una superficie aproximada de $3.086 \text{ m} \times 2.462 \text{ m} = 7.597.732 \text{ m}^2$, es decir, unas



760 Has. de terreno, quedando impresas en formatos de 617 mm x 492 mm. aproximadamente.

La ortofotos se nombran comenzando por el distintivo E5 (por ser escala 1:5.000), seguido del número de la hoja del Mapa Topográfico Nacional en que queda incluida y a continuación se expresa la columna y la fila en que se encuentre. Por ejemplo, Ortofotografía E5-0169-09-06, que corresponde a una de las ortofotos de la figura anterior.

Como muestra de este tipo de ortofotografías se adjunta una de las correspondientes al área investigada en la parte experimental de esta Tesis. Como se observa, además de la imagen ortofotográfica, se incluyen leyendas, coordenadas geográficas de las esquinas y cuadrícula 500 x 500 m

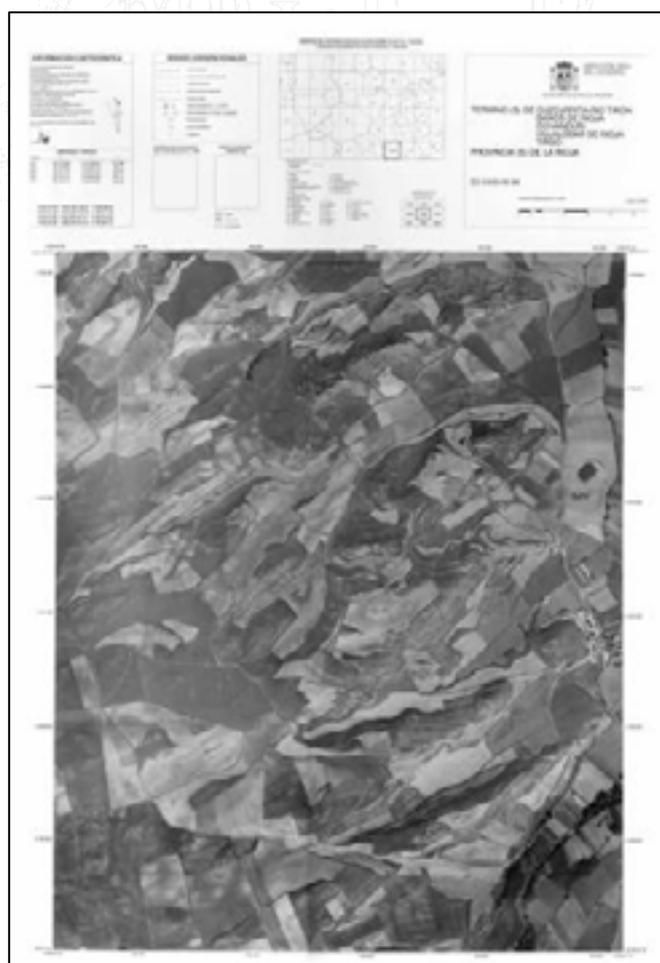


Fig. 5.11 - Imagen de Ortofotografía 1:5.000 de Catastro.



Respecto al vuelo fotogramétrico, éste deberá realizarse a una escala 1:20.000 y a una altura sobre el plano medio del terreno de 3.040 m, con tolerancias de +/- 10%. La navegación irá soportada por una sistema GPS diferencial cinemático que registre la posición de la cámara y el instante de la toma fotográfica en cada disparo (con intervalos de 1 segundo o menor). El vuelo se cubrirá con pasadas en dirección Este/Oeste, con recubrimientos longitudinales igual o mayores al 60 % y realizando las tomas fotográficas necesariamente sobre el centro teórico de cada ortofoto, con tolerancia de +/- 100 m.

La cámara métrica aérea utilizada deberá ser de precisión, baja distorsión y alta resolución, con sistema de compensación por desplazamiento de imagen (F.M.C.) y control automático por microprocesador. La cámara estará calibrada y será gran angular con focal de 150 mm +/- 5 mm. y con formato de negativo de 230 mm x 230 mm.

La película utilizada será negativa en color, con resolución de 110 líneas por milímetro. En los bordes del negativo se incluirá la información complementaria tradicional: altímetro, fecha, reloj, nivel, focal, número de pasada y fotograma, etc.

El escaneado de fotogramas se realizará directamente desde los rollos del negativo color original, mediante un escáner plano con resolución igual o superior a 10 micras y precisión geométrica de 2 micras, dotado de sistema de autocalibración. El barrido se hará con una dimensión de pixel de 21 micras, quedando definido cada pixel por 24 bits color verdadero en modo RGB y con rangos en la tonalidad de cada color desde 0 hasta 255.

El apoyo de campo se hará con objeto de obtener puntos de apoyo topográfico que permitan un proceso posterior de aerotriangulación y se usará la Red de Orden Inferior (ROI) y la de Primer Orden para ajustes precisos. Se hará mediante topografía clásica y con GPS, obteniendo coordenadas UTM (X,Y,Z) con tolerancia máxima de 30 cm. y desviación estándar de 18 cm.



El proceso de aerotriangulación podrá hacerse con apoyo clásico y por procedimientos digitales. En el primero, la medición de coordenadas de los puntos pinchados se hará mediante comparadores, estereocomparadores o en restituidores analíticos. En el segundo se procederá a la orientación interna automática de los fotogramas y a la medición por correlación de imágenes de las foto-coordenadas de los puntos (mínimo 20 puntos por modelo). El RMS X,Y,Z de la aerotriangulación será inferior a 0,30 m.

La dimensión de la malla del modelo digital del terreno será de 20 m x 20 m y las precisiones de los puntos serán de 0,9 m., tanto en planimetría como en altimetría. El RMS en el Modelo Digital de Terreno no podrá ser superior a 75 cm.

En la ortoproyección digital, el tamaño del pixel de salida será de 0,4 metros terreno y se realizará una compensación radiométrica del conjunto de las ortofotos, para conseguir ortofotos homogéneas.

Los ficheros digitales se generarán en formato TIFF y las imágenes vendrán georreferenciadas mediante ficheros *.geo* y ficheros *.tfw*. Además de los ficheros con la resolución original (40 cm) se realizará otra imagen de cada ortofoto haciendo un resampling de modo que los pixeles sean de tamaño 1 m x 1 m. También cada ortofoto vendrá acompañada por un fichero de texto *.txt* en el que se indicarán las coordenadas UTM de las esquinas de la hoja, las de las cruces de la cuadrícula de 500 m. y las de los puntos de apoyo.

Con estas ortofotografías, se satisfacen los objetivos básicos de:

- Localización fácil y exacta de las distintas fincas y parcelas.
- Control de la inclusión de todas las fincas en las bases de datos de Catastro.
- Ser la base para la elaboración de la documentación gráfica de cada parcela.
- Servir para otros trabajos no catastrales que necesite el municipio.



5.6.2 Prescripciones técnicas de los trabajos de actualización y digitalización del Catastro de Rústica.

Los trabajos de actualización del Catastro de Rústica tienen como finalidad detectar y recoger las variaciones experimentadas en el conjunto de datos y en las descripciones de los bienes inmuebles de naturaleza rústica de un determinado municipio. El procedimiento a seguir es el que se describe a continuación.

En primer lugar, las Gerencias Territoriales entregarán a la empresa encargada de realizar la renovación, una copia de los datos alfanuméricos del municipio, una copia de los datos gráficos (planos, ortofotos,...) y cualquier otro documento gráfico o alfanumérico que aun sin estar incorporado al catastro, sea de interés. La parcelación y subparcelación reflejada en esta cartografía se trasladarán a una copia de la ortofoto correspondiente.

Se visitarán en el campo las parcelas para corregir y comprobar las características físicas y agronómicas, para delimitar el diseminado urbano (construcciones aisladas en terreno rústico) y para tomar datos para elaborar las fichas de las construcciones.

En el trabajo fundamental de delimitación de las parcelas y subparcelas catastrales se tendrán en cuenta las disposiciones vigentes respecto al fraccionamiento de parcelas por debajo de la Unidad Mínima de Cultivo (Ley de 15 de julio de 1954, Orden de 27 de mayo de 1958 o Legislación autonómica específica). Toda superficie de un polígono parcelario debe estar incluida en alguna parcela y, cuando se trabaja con ortofotos, la superficie de la parcela es la que resulta de la digitalización sobre la ortofoto. Esto último es un aspecto fundamental en esta Tesis, ya que es precisamente este aspecto el que se estudia en la parte experimental de la misma.



En la revisión cartográfica se debe procurar mantener la numeración previa existente. Cuando aparezcan subparcelas dentro de una parcela se nombrarán con caracteres alfabéticos en minúsculas.

Uno de los objetos fundamentales de las tareas de renovación y actualización del Catastro de Rústica es la investigación de la titularidad de los bienes inmuebles. Es preciso definir un titular catastral para cada parcela y anotar todos sus datos. Si hay modificación del titular catastral, se exigirá siempre la documentación que lo acredite.

Se pueden utilizar dos procedimientos para retintar y digitalizar las parcelas, subparcelas, vías de comunicación, acequias,... Uno es el convencional, que consiste en trasladar a mano la cartografía catastral preexistente a las ortofotos en papel, comprobando todas las líneas en campo y pasándolas luego a las ortofotos en papel fotográfico, formando lo que habitualmente se denomina como *ortofotos minuta*. Sobre estas ortofotos minuta se realiza posteriormente la digitalización.

El otro procedimiento, parte de las ortofotografías digitales y del escaneado de los planos catastrales preexistentes, seguido de la vectorización de estos y su ajuste geométrico. Después se superponen las líneas vectorizadas sobre las ortofotos digitales y se plotea el conjunto, para en campo, realizar las correcciones necesarias que se incorporan al final al fichero digital. Se obtiene así la ortofoto minuta sobre papel. Este procedimiento tendrá prioridad frente al primero y se utilizará siempre que sea posible. La digitalización en pantalla sobre ortofotografías digitales para la obtención de superficies catastrales, base fundamental de esta Tesis, sigue los principios básicos de este segundo procedimiento.

Una vez finalizados los trabajos en gabinete, se expondrán públicamente durante 15 días en el Ayuntamiento respectivo, para que los interesados puedan verificar los datos del nuevo catastro y reclamar, si procede. Se analizarán y resolverán dichas reclamaciones y se editarán los



planos definitivos, siguiendo normas específicas de rotulado de los mismos e incorporando a la base de datos las modificaciones. Deberá existir una exacta correspondencia entre la información gráfica y la alfanumérica.

En relación con la cartografía catastral generada en el proceso de renovación, destacar que el sistema cartográfico de representación será siempre la Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), adoptado para todas las series cartográficas oficiales del Estado a partir del Decreto 2303/1970, de 16 de julio. Igualmente, el sistema de referencia será el European Datum 1950 (ED 50), constituido por el Elipsoide Internacional de Hayford de 1924 ($a=6.378.388$ metros; $\alpha=1:297$), Datum Postdam (Torre de Helmert), Latitudes referidas al Ecuador y Longitudes al Meridiano de Greenwich.

Los elementos cartográficos se estructurarán en cuatro tipos básicos: puntuales, lineales, superficiales y de texto. Y cada uno podrá llevar asociado un conjunto de atributos. Por el interés específico en esta Tesis, se desarrollan aquí los elementos superficiales, que vendrán definidos por los tramos lineales que integran la cadena cerrada que constituye el contorno del objeto (parcela). En cada recinto se ubicará un centroide al cual se asociarán los atributos, etiquetas y textos que afecten al objeto representado.

En la digitalización de elementos superficiales (parcelas), se procurará que cada tramo venga definido por una serie de coordenadas de puntos que representen lo más fielmente posible sus variaciones de curvatura. Se tendrá la precaución de que, dados dos puntos consecutivos, el siguiente no deberá quedar a más de 0,2 mm de la prolongación de los dos anteriores. De esta forma se asegura la suficiente densidad de puntos para la correcta definición de los linderos de las parcelas. Este criterio, se ha procurado aplicar en los procesos de digitalización que se han realizado en la parte experimental de esta Tesis.

El producto de la digitalización deberá estar referenciado y enlazado a la vigente Red Geodésica Nacional y referido al sistema de Proyección



Conforme Universal Transverso de Mercator (UTM) en base al Sistema de Referencia ED50. Para ello, se contará con las coordenadas UTM de las esquinas de las ortofotos y las de los vértices geodésicos, vértices topográficos, puntos de apoyo, etc. Se calcularán los parámetros de transformación utilizando mínimos cuadrados.

Es muy importante que exista total concordancia entre los objetos cartográficos catastrales y sus atributos alfanuméricos. La clave de esta unión se basa en la referencia catastral, que será única para cada parcela y quedará definida por 23 posiciones alfanuméricas: 3 del código de la Gerencia, 3 del código del municipio, 3 del número de municipio agregado, 2 del número de zona concentrada, 3 del número de Polígono Catastral, 5 del número de Parcela Catastral y 4 del número de subparcela.

5.7 Tendencias en los procesos de renovación catastral rústica.

El desarrollo de las nuevas tecnologías surgidas en el ámbito de la Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogramétrica, está favoreciendo la evolución rápida de los procesos de renovación catastral, especialmente en lo que se refiere a la obtención de la documentación gráfica y a la clasificación [Blázquez et al., 2001]. Dos tecnologías destacan sobre las demás, y son, la Fotogrametría Digital y la Teledetección.

Los trabajos de actualización y renovación catastral son complejos. A veces, desde que se encarga el vuelo fotogramétrico, hasta que se inician los trabajos de renovación, transcurren varios años y por tanto, las ortofotografías no reflejan correctamente la realidad. Por ello, es necesario que diversos técnicos hagan inspección de campo para anotar las correcciones, lo que provoca una excesiva lentitud en el proceso. Parece lógico incluir todo un conjunto de nuevas técnicas que simplifiquen u optimicen las distintas fases.

Los avances recientes en Fotogrametría Digital, han permitido la definición de métodos rápidos y precisos para la obtención de



Ortofotografías Digitales. Además, las técnicas digitales se pueden utilizar para la detección automática de cambios en el territorio. Por otro lado, las clasificaciones de cultivos se pueden realizar de una forma cómoda y relativamente rápida por Teledetección.

Lo cierto es que el Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria, responsable de la renovación catastral en España, va asumiendo los avances de la tecnología, pero siempre con precaución. La fotogrametría digital, las ortofotografías digitales de alta resolución en color, el apoyo aéreo cinemático, la gestión a través de complejos Sistemas de Información Geográficos Catastrales, la integración total de bases de datos gráficas y alfanuméricas,... son pruebas reales de que esta innovación se va incorporando en los procesos de renovación catastral. Las técnicas propias de la Teledetección, todavía no han conseguido introducirse en este campo.

Es de suponer que en pocos años también la Teledetección tenga su participación en las técnicas catastrales, ya que ha demostrado ser una técnica viable en otros procesos similares e igualmente complejos, como lo es el control de las ayudas de la Política Agraria Común (PAC).

En el European Union Workshop celebrado en Budapest (Hungría) en junio de 2001, se plantearon los grandes retos de la cartografía catastral como elemento fundamental en el desarrollo de los programas agroambientales. Su adaptación al crecimiento de las tecnologías de la información, la redefinición de la organización y funciones catastrales y los nuevos usos emergentes de los datos catastrales, fueron algunos de los temas tratados.

La Dirección General del Catastro está diseñando un nuevo modelo de gestión de la cartografía catastral informatizada, el llamado SIGCA2, que se va a empezar a implantar en las Gerencias Territoriales a mediados del año 2001 y que está centrado principalmente en la gestión catastral. El sistema permitirá ver todo el territorio como una capa continua, con posibilidad de incorporar información raster como capa de fondo.



En su afán por adaptar el Catastro a la Sociedad de la Información, la Dirección General del Catastro está desarrollando en estos momentos el Proyecto “*Ensenada*”, por medio del cual se dará acceso a todas las bases de datos catastrales (salvo las que contengan datos personales) a través de Internet. De esta forma, pronto se podrá consultar, descargar y comprar datos y cartografía catastrales, presentar solicitudes, declaraciones, petición de certificaciones, etc. a través de Internet.

Como puede observarse las inquietudes en los temas de gestión y renovación catastral son abundantes a todos los niveles. Hasta hoy, los avances tecnológicos han supuesto una gran ayuda para el desarrollo de las modernas estrategias catastrales y se espera, con seguridad, que en el futuro lo serán todavía más.

CAPÍTULO 6

BIBLIOTECA VIRTUAL

MATERIAL Y MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE CATASTRAL RÚSTICA.

APLICACIÓN A UN CASO CONCRETO.



6.1 Introducción

Una vez definidos en el Capítulo 1 los objetivos de esta investigación, y analizados individualmente cada uno de los elementos fundamentales de la misma, es necesario definir la metodología más adecuada para alcanzar dichos objetivos.

La superficie catastral de terrenos rústicos puede obtenerse de muy diversas maneras y es tan importante, conocer el método más idóneo para su determinación, como ser consciente de los errores que conlleva el uso de uno u otro. Reconociendo la calidad de la Ortofotografía Digital como material base para la obtención de la superficie catastral y las ventajas de su integración y gestión en un Sistema de Información Geográfica, no se deben olvidar las dificultades para relacionar la superficie agraria de una parcela con su superficie catastral.

Para abordar la problemática planteada es aconsejable planificar una serie de necesidades de diversa índole (muestreo de parcelas, instrumentos, software, hardware, ...), además de fijar las exigencias de precisión de los métodos de medida y de digitalización utilizados. En este sentido, es importante la elección de la zona en donde se llevará a cabo el ensayo experimental, de forma que sea lo más representativa posible de la situación actual y que las conclusiones a las que finalmente se llegue, sean lo más aplicables posible a una generalidad de casos.

En la segunda parte de este Capítulo, se van a describir los distintos materiales utilizados en la fase experimental, intentando justificar su adecuación a los objetivos de esta Tesis.

Por último, se desarrollará la metodología aplicada tanto en los trabajos de campo como en los de gabinete, hasta la obtención de los errores en la medida de la superficie catastral, haciendo una crítica razonada de las ventajas y desventajas de los métodos usados, frente a otros posibles.



6.1.1 Problemática a resolver

Actualmente existen multitud de conflictos entre particulares en relación con la definición geométrica y posición de los linderos de las fincas rústicas, motivados fundamentalmente por dos aspectos: por un lado, la propia indefinición física de los lindes en el terreno y, por otro, la falta de concordancia entre la superficie catastral y la superficie agraria existente.

Cuando se plantea un conflicto entre linderos, la primera reacción de los propietarios suele ser acudir a los datos e información gráfica que proporciona el Catastro de Rústica acerca de la parcela o parcelas en cuestión [García-Cuerva, 1995]. Y es en este primer paso, cuando comienzan realmente los problemas, que esquemáticamente se relacionan:

- los propietarios pretenden realizar medidas en el plano y a través de su escala de representación, deducir las medidas reales en el terreno de los linderos que delimitan las parcelas.
- a estas medidas de los linderos, deducidas de los planos de catastro, se les suele incorporar otras medidas significativas como son la anchura o la longitud de la parcela, la distancia a otros puntos característicos del lugar (postes, acequias, caminos, ...), que suelen incluso añadir mayor incertidumbre a la problemática a resolver.
- en la mayoría de las ocasiones, se termina recurriendo a investigar la superficie catastral de las parcelas en conflicto y se compara con las superficies que se deducen de un adecuado levantamiento topográfico, generalmente realizado con Estación Total Electrónica.
- más raramente se acude al Registro de la Propiedad en busca de descripciones literales de las características físicas de las parcelas, aunque éstas pueden ser bastante aclaratorias en algunos casos.

Todo esto, se podría decir que se hace de una manera instintiva, sin reparar lo suficiente en el significado de cada uno de los elementos en los



que uno se pretende apoyar. Así, cuando se realizan medidas en el plano catastral, pocas veces se piensa en la precisión de la medida, ni en los posibles errores en la elaboración de dicho plano catastral [Santamaría, 2000]. Se tiende a dar credibilidad absoluta a algo que no la tiene; o por decirlo de otra forma, se quiere usar un material, el plano catastral, para algo para lo que no fue concebido.

Precisamente esta disyuntiva entre la veracidad de la superficie catastral y su relación con la superficie agraria de las parcelas rústicas es el eje en el cual se fundamenta esta Tesis. Una y otra son obtenidas por metodologías diferentes: la superficie catastral, generalmente, por digitalización sobre ortofotografía y la superficie agraria, por levantamiento topográfico en el terreno con Estación Total Electrónica.

A todo esto, se une también el hecho de que, en muchas ocasiones, las bases de datos de Catastro son independientes de los Planos catastrales. Es decir, la base de datos del Catastro puede dar una información que no se corresponde con la superficie que se podría deducir de la figura que representa la parcela en el plano. Esto es muy frecuente en municipios en los que la información gráfica está únicamente en soporte papel y no se ha procedido a la digitalización de los planos. La información que aparece en la base de datos puede tener un origen muy diverso (escrituras de compraventa, inscripciones en el Registro de la Propiedad, planimetrías expeditas sobre el plano, ...) y muy raramente procede de una medición directa sobre el terreno.

Por todo lo anterior, se plantea una primera cuestión de averiguar cuál es la relación existente entre la superficie catastral de una parcela obtenida por digitalización sobre ortofotografía, la superficie de esa misma parcela en la Base de Datos de Catastro, la superficie que se deduce de los propios planos catastrales y la superficie agraria obtenida por medición directa en campo con Estación Total. Son cuatro variables que sin duda deben estar muy relacionadas, ya que se refieren a una misma entidad geográfica, pero

sus diferencias, consideradas en el conjunto de un término municipal o de una región, pueden mostrar tendencias significativas, que en esta Tesis se tratará de poner de manifiesto.

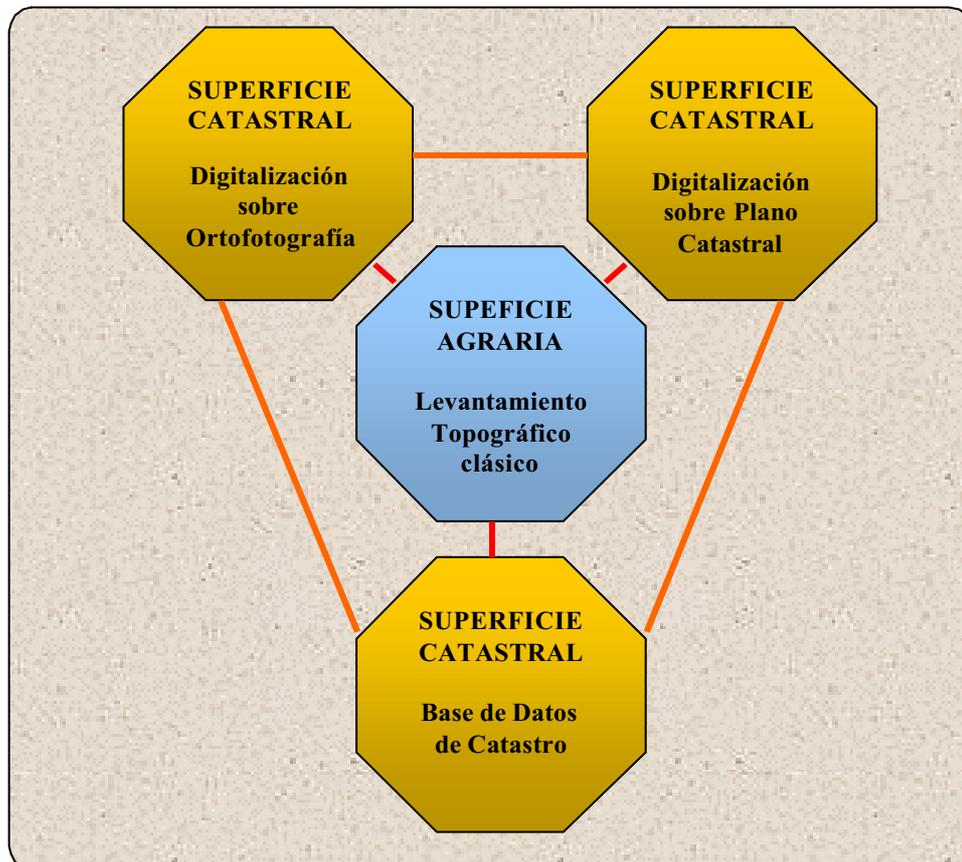


Fig. 6.1 - Relaciones entre conceptos de Superficie Catastral y Superficie Agraria.

La concordancia entre los tres conceptos de superficie catastral expresados en el esquema anterior está siendo en estos momentos solventada en los nuevos procesos de renovación catastral rústica mediante sistemas de validación propios, que tratan de que haya una correlación absoluta entre la base de datos alfanumérica y la gráfica. La coincidencia entre la superficie agraria real y la superficie catastral es más difícil de conseguir, ya que ambas, aun partiendo de la misma realidad física, son obtenidas por procedimientos diferentes e independientes. La búsqueda de una metodología ideal para acercar ambos conceptos constituye un reto hoy en día y existe una preocupación creciente por el aumento en la exactitud



geométrica en los productos fotogramétricos en general y de las ortofotografías en particular.

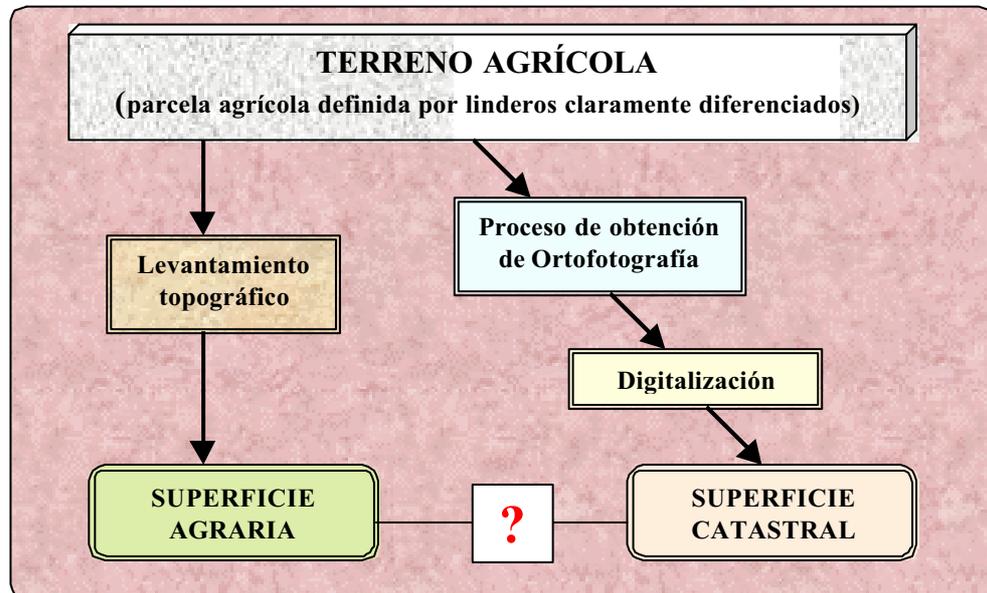


Fig. 6.2 - Flujos de trabajo diferentes.

El origen de las discrepancias en las superficies deducidas para una parcela agrícola puede ser muy diverso, ya que en los procesos de digitalización de ortofotografías digitales intervienen distintos parámetros, cuya influencia merecería la pena estudiar. Por eso, en esta Tesis, sería conveniente profundizar además en aspectos como:

- La resolución espacial o tamaño más adecuado del pixel, determinando las ventajas y desventajas del uso de una mayor resolución. Definir una resolución óptima para los procesos de digitalización que tengan como objeto la determinación de la superficie catastral de las parcelas rústicas.
- Los niveles o escalas de visualización durante el proceso de digitalización deben ser igualmente analizados, para obtener conclusiones acerca de cuál es el nivel de visualización a partir del cual los errores en la digitalización son inaceptables para los propósitos catastrales en los que se enmarca esta Tesis.



- El estudio de los niveles de compresión al utilizar formatos de imagen digital comprimidos puede aportar conclusiones prácticas para definir cuáles son los límites admisibles.
- La existencia de una real indeterminación física de la mayoría de los linderos en fincas rústicas también produce una imprecisión en las superficies topográficas deducidas, por lo que muchas veces se intentan comparar dos elementos (superficie topográfica/superficie catastral) que conllevan errores implícitos difícilmente relacionables.

El estudio individualizado de cada una de estas variables y su influencia en la obtención de la superficie catastral o agraria, así como las posibles interconexiones de unas con otras, son las principales líneas de investigación que se pretenden abordar con el desarrollo de esta Tesis y, todo ello, con el objeto de alcanzar unas conclusiones que contribuyan a un mejor conocimiento de las causas de error en los procesos de digitalización de ortofotografías digitales para fines catastrales.

6.1.2 Previsión de necesidades

Para la consecución de los objetivos propuestos en el apartado anterior, es conveniente realizar una planificación de los materiales necesarios para abordar la problemática descrita.

Por un lado, quedó ya justificada por lo expresado en Capítulos anteriores, la conveniencia del uso de Ortofotografía Digital para los fines catastrales que se pretenden en esta Tesis.

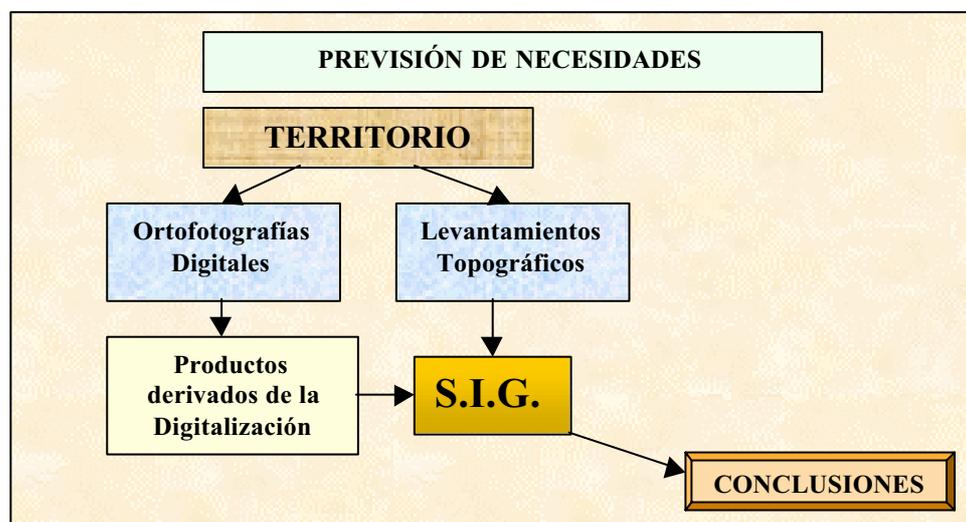
Por otra parte, parece lógico pensar que el manejo de la amplísima información gráfica y alfanumérica que será necesario manejar, requerirá la utilización de un sistema de gestión de dicha información. Puesto que las parcelas, en definitiva, son entidades gráficas geoposicionadas, en donde los vértices que las delimitan ocupan un lugar concreto en el espacio, y es a partir de las coordenadas de dichos vértices desde donde se obtiene la



superficie catastral, la adopción de un Sistema de Información Geográfica resulta aconsejable y hasta inevitable. Dicho Sistema, servirá para integrar toda la información gráfica y alfanumérica disponible desde un principio (ortofotografía digitales, planos de catastro, bases de datos catastrales,...), o que se vaya incorporando a lo largo del trabajo (levantamientos topográficos, diferentes digitalizaciones,...). La potencia y capacidad de dicho SIG, deberá estar en consonancia con el volumen de datos a gestionar y con las exigencias de análisis topológico a que va a ser sometido, aspectos que quedarán definidos en apartados posteriores.

Para abarcar toda la problemática propuesta en el apartado anterior será preciso desarrollar una importante fase experimental dentro de esta Tesis y siendo la superficie catastral rústica el principal factor a tener en cuenta, es importante la elección de la zona concreta de actuación, asegurando que sobre la misma existe suficiente variabilidad para que los resultados puedan ser extrapolables. Se trabajará sobre parcelas de pequeña extensión, parcelas medianas y parcelas de grandes dimensiones, para asegurar dicha variabilidad.

La conjunción de ortofotografías digitales, productos diversos de digitalización, levantamientos topográficos y sistemas de información geográfica orientados a la gestión catastral es el principal reto de esta Tesis.





6.1.3 Exigencias de precisión

La dos variables fundamentales en esta Tesis son la superficie agraria y la superficie catastral de las fincas rústicas. Cuando se pretende buscar cuáles son sus diferencias, es necesario hablar previamente de qué precisión es deseable considerar. Para ello, se partirá del hecho de que cada una de ellas se obtiene por procedimientos diferentes. Se admitirá que la superficie catastral se obtiene por digitalización sobre Ortofotografía Digital y que la superficie agraria se deduce de los propios levantamientos topográficos realizados en campo.

Las precisiones que se pueden alcanzar en ambos procesos se pueden deducir directamente del análisis de los medios materiales con los que se trabaja o de los instrumentos con los que se realizan las mediciones. Sin ánimo de ser excesivamente exhaustivos en este apartado, se van a fijar a continuación las precisiones medias a alcanzar en cada uno de dichos procesos.

La digitalización sobre ortofotografía digital de los linderos de las parcelas viene afectada principalmente por dos factores: por un lado, la resolución de la propia ortofotografía digital y, por otro, el contraste entre los niveles digitales existente en las zonas que delimitan las fincas rústicas. Una mayor resolución de la ortofotografía, genera una mejor definición de los linderos y por tanto la precisión en la digitalización es mayor.

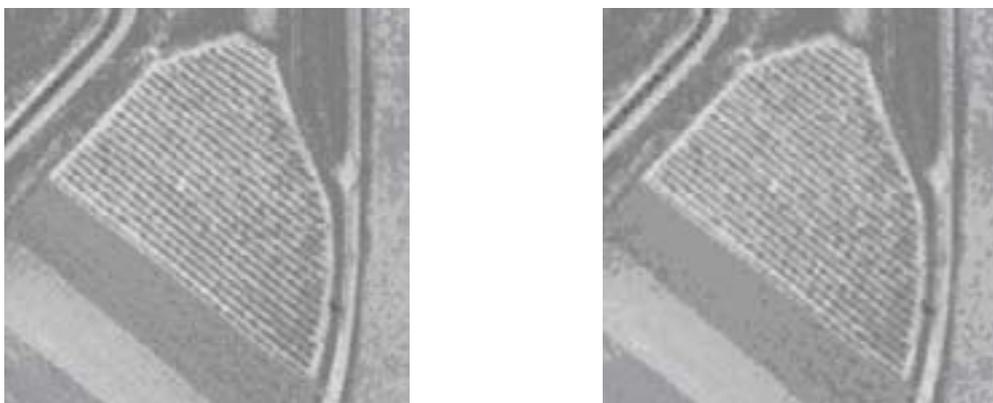


Fig. 6.3 - Ortofotografías (125 m. x 125 m.) a 0,25 m/pixel y 1 m/pixel.



En las imágenes anteriores, se observa cómo las parcelas quedan mejor definidas en la imagen a 0,25 m/píxel y los linderos quedan menos indeterminados. Esto se observa mejor al hacer una ampliación sobre un lindero:

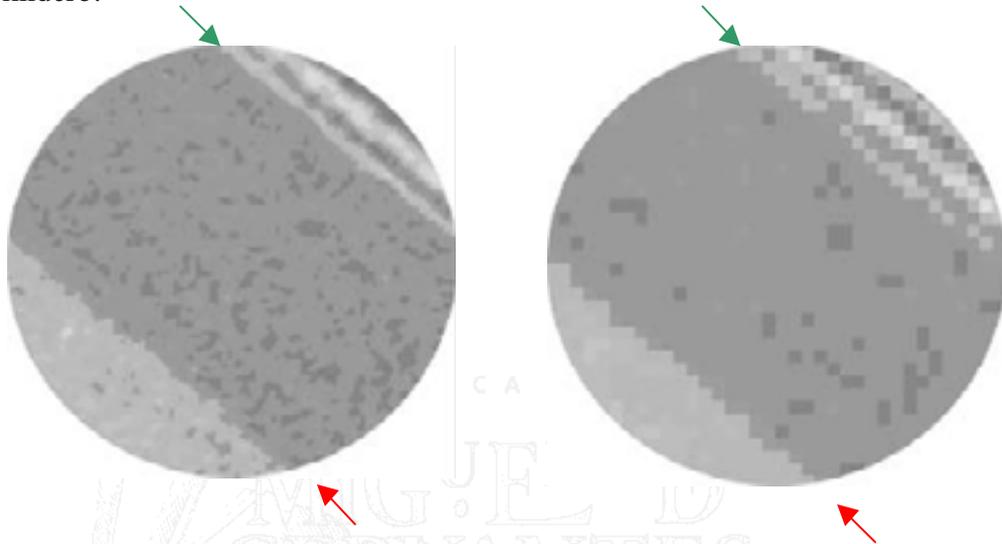


Fig. 6.4 - Ampliación de linderos (Ø 35 m.), a 0,25 m/p y 1 m/p.

La escala aproximada de visualización a la que se representa las imágenes anteriores es de 1:650. Esta escala tal vez fuera razonable utilizarla en digitalización con ortofotos de 0,25 m/p, pero no con las de 1 m/p, ya que se aprecia demasiado píxel en las proximidades del lindero, formando dientes de sierra que generan mucha indefinición.

Cuando el contraste entre los niveles digitales de dos fincas rústicas contiguas no es muy grande, las dificultades de la digitalización aumentan y la definición del lindero es menos segura.

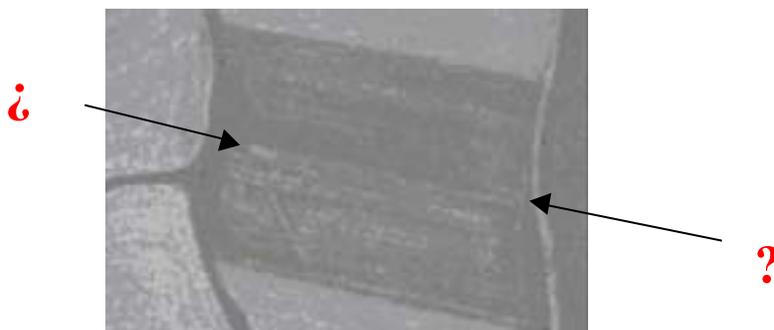


Fig. 6.5 - Linderos de fincas rústicas, poco definidos.

A la vista de estas imágenes, ya se podría deducir una primera aproximación acerca de la máxima precisión exigible en la digitalización de parcelas catastrales con digitalización sobre ortofotografía. Admitiremos que ésta precisión corresponde a la mitad de la diagonal de un pixel para la ortofoto de 1m/p, esto es, unos setenta centímetros. Estos 70 cm. corresponden con 2 diagonales de pixel en la ortofoto de 0,25 m/p y es perfectamente asumible que se puedan dar estas imprecisiones en la digitalización considerando el nivel de zoom al que se suele trabajar.

En cuanto a la precisión de los levantamientos topográficos, ésta será analizada de forma detenida más adelante, pero admitiendo una precisión mínima alcanzada en el posicionamiento de un punto tomado con Estación Total de 10 cm., no se puede decir que sea ésta la precisión con la que quedan definidos los linderos mediante un levantamiento topográfico, ya que la propia indefinición típica del lindero también se debe tener en cuenta.



Fig. 6.6 - Indeterminación de los linderos en fincas rústicas.

En las imágenes anteriores, se observan dos linderos de fincas rústicas, que no respetan los mojones fijos o provisionales colocados en sus extremos. La imprecisión de los linderos respecto de los mojones en este caso podría estimarse en unos 40 cm. Pero muchas fincas rústicas ni siquiera disponen de mojones para definir sus linderos, por lo que la imprecisión puede ser aún mayor. Además, en muchos momentos de un levantamiento topográfico suelen surgir dudas acerca de la posición correcta del lindero (zonas llecas entre fincas cultivadas, ribazos en desnivel con anchura variable,...), que dificultan su definición. Así pues, se debería



admitir una imprecisión intrínseca media en la posición de un lindero en fincas rústicas no amojonadas, en torno a los 50 cm., aunque en este caso la variabilidad es mayor que en el caso de la digitalización.

Todo lo anterior, ha de servir para reflexionar sobre las comparaciones que se pretenden establecer. La superficie catastral y la superficie agraria son dos variables que tienen una cierta indeterminación intrínseca, una por la propia indefinición de la digitalización sobre ortofoto y la otra, por la imprecisión en la localización del lindero. Al comparar ambas, se están superponiendo dos posibles errores, que considerados conjuntamente para cada parcela, provocarán errores superficiales absolutos y relativos, que merece la pena estudiar y que serán tratados en el Capítulo 7 de esta Tesis.

6.1.4 Elección de la zona de actuación

Para la realización de la parte experimental de esta Tesis, y puesto que la variable fundamental a analizar es la superficie catastral rústica, ha de elegirse un conjunto de parcelas sobre las cuales se disponga de ortofotografía digital y se realicen en ellas los correspondientes levantamientos topográficos en campo.

Con esta investigación se pretende dar explicación a la incertidumbre que se crea cuando se intenta comparar la superficie catastral con la superficie agraria real de una parcela. Por tanto, se deberán hacer suficientes mediciones topográficas sobre parcelas agrícolas de diferentes características para determinar los errores existentes y, a través de ellos, poder así obtener las conclusiones específicas aplicables a cada caso y las posibles conclusiones generales de mayor ámbito de aplicación.

Para calcular el tamaño de la muestra necesaria se utilizará la expresión $n = \left[\frac{z^* \sigma}{E} \right]^2$, en donde n es el número de elementos de la muestra, z es el valor crítico de separación de las medias, σ es la desviación típica de la población (o de la muestra si $n > 30$) y E es el margen de error admitido.

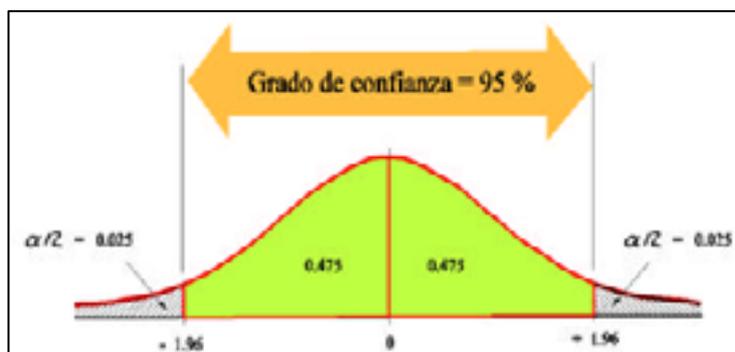


Fig. 6.7 - Gráfico para la determinación del tamaño de la muestra.

Admitiendo una desviación típica muestral media de 5 % en los errores superficiales relativos y un margen de error de 1 %, el tamaño de la muestra sería $n = 96$ parcelas. Es decir, habría que realizar al menos 96 mediciones de parcelas para tener una seguridad del 95 % de que la media del error relativo de la muestra no se desvía más de un 1 % de la media de la población.

Como siguiente premisa, parece lógico seleccionar municipios que no hayan sufrido ningún proceso de reorganización de la propiedad, ni concentración parcelaria, de modo que la parcelación que se observe en el terreno sea debida a la propia dinámica de división, segregación, agrupación, etc. que de forma natural se da en la propiedad rústica de parcelas.

Por otro lado, sería conveniente incluir dentro de las parcelas de la muestra, fincas de secano y fincas de regadío, ya que tradicionalmente estas últimas suelen mantener una mejor definición de los linderos por realizarse en ellas un cultivo más intensivo.

Además, ya que esta Tesis se orienta al estudio de la superficie catastral de fincas rústicas, parece razonable tomar como referencia un municipio de carácter eminentemente agrícola.

Teniendo en cuenta todos estos determinantes previos, la zona elegida para realizar el estudio experimental de esta Tesis, debe cumplir los siguientes requisitos:



- Municipio fundamentalmente agrícola y sin concentrar.
- Municipio del cual se disponga de ortofotografía digital reciente.
- Que se incluyan parcelas de secano y de regadío.
- Que queden integradas parcelas grandes, medianas y pequeñas.
- Que las parcelas queden distribuidas en diversos polígonos.

Teniendo en cuenta la disposición de municipios con ortofotografía digital en la Comunidad Autónoma de La Rioja, existe dentro de ellos uno que puede cumplir los requisitos establecidos. Se trata del municipio de Baños de Rioja, enclavado en la comarca de Rioja Alta, dedicado en exclusiva a la producción agrícola, con una superficie total de 934 Has y en el que existe suficiente diversidad en las características de las fincas agrícolas. Es atravesado por el río que da nombre a toda la Comunidad, el Río Oja, por lo que disfruta de abundantes zonas de regadío. También cuenta con varias zonas de parcelas en secano. Para este municipio se



Fig. 6.8 - Localización del municipio de Baños de Rioja.

dispone de Ortofotografía Digital de la Dirección General del Catastro, obtenida a partir de un vuelo de 1998 y Ortofotografía Digital de la Comunidad Autónoma de la Rioja, obtenida a partir de un vuelo de 1996,



ambas con resolución de 1 m/píxel y en escala de grises. En el apartado correspondiente, habrá que seleccionar cuál es la ortofotografía más adecuada.

La distribución en Polígonos parcelarios es la que se representa en la figura siguiente. Como se observa, catastralmente queda dividido en 8 polígonos, de forma y tamaño irregulares. Los polígonos 1, 6, 7 y 8 están constituidos por parcelas íntegramente de secano, el polígono 2 y 5 son una mezcla de secano y regadío y los polígonos 3 y 4 son totalmente de regadío.

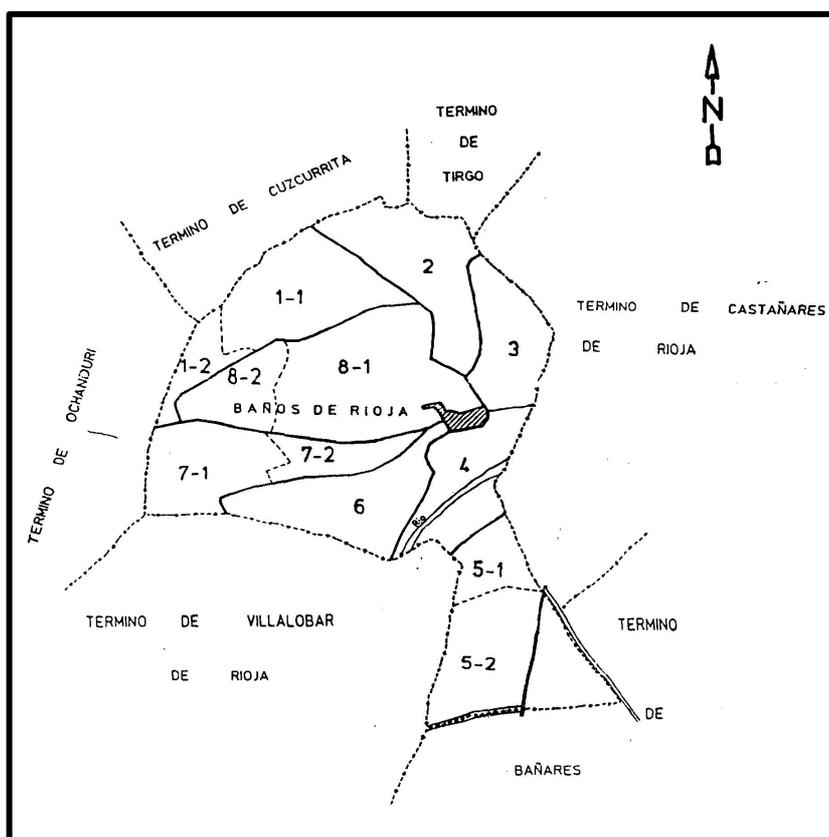


Fig. 6.9 - Estructura de Polígonos Parcelarios en Baños de Rioja.

Una inspección minuciosa de la estructura parcelaria y características de la definición de los linderos, en cada uno de los polígonos del municipio, ha permitido seleccionar los polígonos 2, 3, 4 y 5 para la realización del estudio experimental. En el polígono 2 se combinan parcelas de pequeño y mediano tamaño, distribuidas en dos zonas diferenciadas, una de secano y otra de regadío. El Polígono 3 es completamente de regadío y las parcelas



son en general pequeñas. El polígono 4 también es de regadío, pero combina parcelas de pequeño y mediano tamaño. Por último, el polígono 5 tiene una amplia zona de grandes parcelas de secano y otra zona de regadío con parcelas de pequeño tamaño.

Se observa así, una gran variedad en la tipología de parcelas y en su distribución, lo que asegura la variabilidad exigida en las características de la muestra.

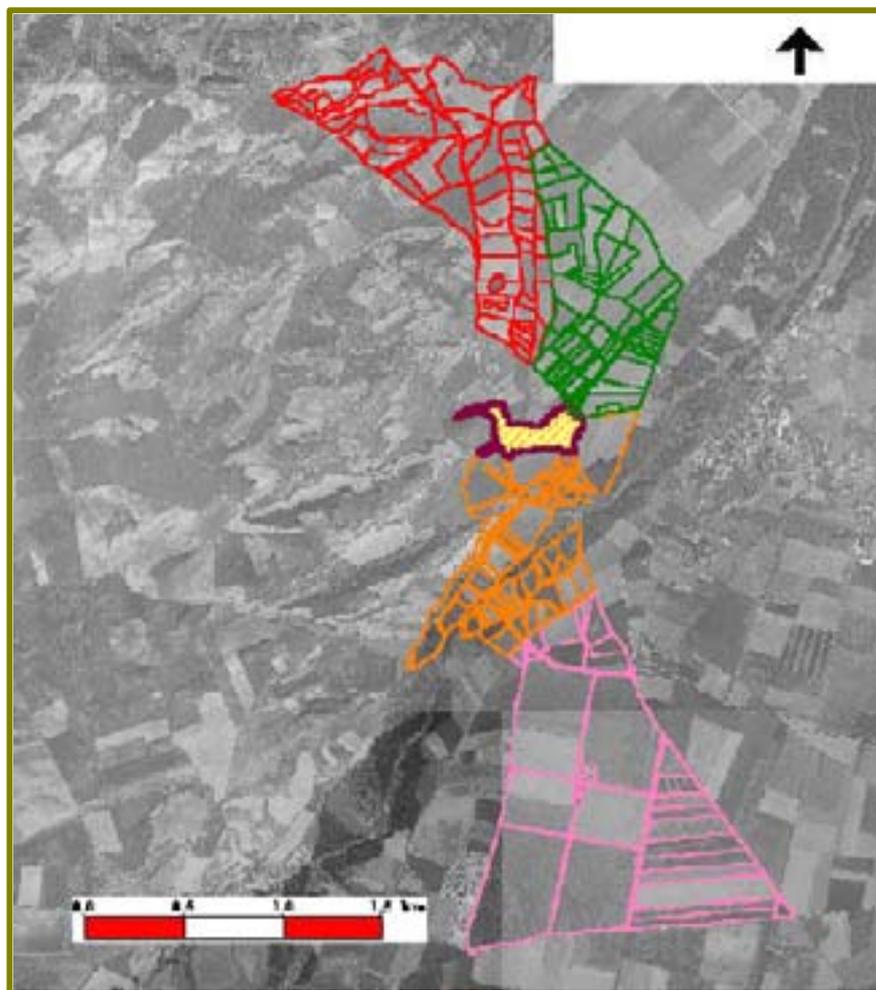


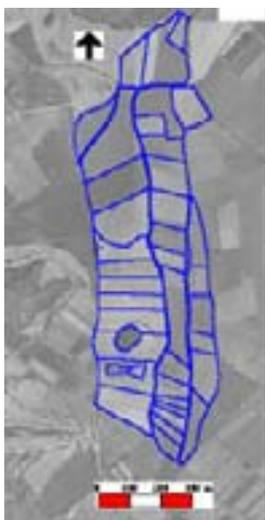
Fig. 6.10 - Situación de las fincas rústicas de la muestra.

La zona experimental, cuenta con 500 parcelas catastrales en 358 Has, lo que supone un 38 % de la superficie total del municipio. En ella se ubican 232 fincas agrícolas, entre las cuales será preciso seleccionar como

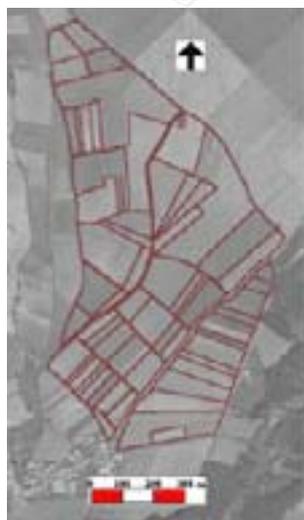
mínimo las 96 fincas rústicas sobre las que realizar los levantamientos topográficos. Después de una inspección previa sobre el terreno y considerando como prioritaria la existencia de una clara definición física de los linderos en las fincas, se ha decidido elegir las siguientes subzonas:

- En el polígono 3, la totalidad de sus 64 fincas, que representan a 141 parcelas catastrales, con 62 Has. de superficie total y 0,98 Has. de superficie media por finca.
- En el polígono 2, se levantarán 41 fincas rústicas, que engloban a 74 parcelas catastrales, con 42 Has. de superficie total y 1,03 Has. de superficie media por finca.
- En el polígono 5, se realizarán levantamientos topográficos sobre 10 fincas rústicas de gran superficie en general, que comprenden 11 parcelas catastrales, con una superficie total de 98 Has. y una superficie media por finca de 9,8 Has.

Polígono 2



Polígono 3



Polígono 5



Fig. 6-11 - Levantamientos Topográficos de fincas rústicas.

En total, se realizarán levantamientos topográficos sobre 115 fincas rústicas, que engloban a 226 parcelas catastrales y suponen más de 200 Has. de terreno.



6.2 Materiales a utilizar

En este apartado, se van a analizar los distintos materiales y sistemas utilizados durante el desarrollo teórico y experimental de esta Tesis. Se intentará justificar al máximo la elección de cada uno de ellos y describir sus características más significativas, destacando todo aquello que más pueda influir en la consecución de los resultados.

Como materiales fundamentales se van a describir en primer lugar las ortofotografías digitales, para continuar con los Planos Catastrales y concluir con los equipos topográficos utilizados. Como sistemas utilizados se describirán en primer lugar el Sistema de Información Geográfica, para continuar con el resto de software, referido a los Sistemas de Bases de Datos utilizados, Hojas de Cálculo, Programas de Estadística, etc. Por último se hará una breve referencia al hardware básico y los distintos periféricos de digitalización utilizados.

6.2.1 Ortofotografías Digitales

Tomada ya la decisión de utilizar Ortofotografías Digitales para los procesos de digitalización y obtención de la superficie catastral de las fincas rústicas, es preciso considerar los distintos materiales disponibles y que cubran la zona objeto de estudio. En este sentido destacar la existencia de tres materiales adecuados a primera vista:

- Ortofotografía Digital de la Dirección General del Medio Natural de la Comunidad Autónoma de La Rioja, correspondiente a un vuelo de 1996, con resolución de 1 m/pixel y en escala de grises. Cada fichero cubre una extensión de 4 Km. x 2,5 Km., es decir, exactamente 10 Km². Este material, además de servir a dicha Dirección General para la gestión de los recursos naturales de la Comunidad, se ha utilizado para la actualización de la cartografía 1:10.000 y para otros Proyectos específicos (cartografía de vías pecuarias, caminos forestales,



evaluaciones de impacto ambiental, simulaciones tridimensionales, actualizaciones en obras públicas, ...).

- Ortofotografía Digital del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, generada para la elaboración del Catastro Oleícola, basada en un vuelo del año 1998 y con resolución de 1 m/pixel y en escala de grises. Cada fichero cubre una superficie aproximada de 32 Km² y abarca exactamente una cuarta parte de la hoja 1:25.000 del Mapa Topográfico Nacional. Este material se elaboró con el objeto de completar el SIG Oleícola de España, financiado por la Comunidad Europea y ha sido en algunos casos utilizado por la Dirección General del Catastro para procesos de actualización catastral rústica.
- Ortofotografía Digital de la Dirección General del Catastro, correspondiente a un vuelo de septiembre de 1998, con resoluciones de 0,25 m/pixel y 1 m/pixel y en escala de grises. Cada fichero cubre una superficie próxima a las 750 Has. Este material ya fue brevemente descrito en el Capítulo 5, por ser el utilizado normalmente por las Direcciones Territoriales de Catastro para realizar las actualizaciones y renovaciones del Catastro de Rústica.

Aunque en la actualidad existen otros materiales ortofotográficos digitales, gestionados por distintas Direcciones Generales de la Comunidad Autónoma para propósitos diversos, incluso de calidad y resolución mayores que los anteriormente descritos, no han sido considerados en esta Tesis por no estar disponibles en el momento de iniciar los procesos de digitalización (mediados del año 1.999) o por no cubrir la zona objeto de estudio (municipio de Baños de Rioja). No obstante, son citados a continuación, por su posibilidad de uso en estudios posteriores. Se trata de los siguientes:

- Ortofotografía Digital color de la Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Vivienda, correspondiente a un vuelo del año 1999, con resolución 0,2 m/pixel. Se estructura en hojas de 1 Km x 1 Km



(1 Km²) y su función ha sido especialmente la gestión urbanística de zonas especiales de desarrollo. La zona de estudio no está cubierta por este vuelo.

- Ortofotografía Digital color de la Dirección General del Medio Natural del Gobierno de La Rioja, correspondiente a un vuelo del año 2000 sobre toda la Comunidad Autónoma, con resolución de 0,5 m/píxel. En estos momentos (mediados del año 2001) se está recibiendo de forma escalonada este material, que todavía no está comercializado.

Ortofotografía Digital de la Dirección General del Medio Natural de la Comunidad Autónoma de La Rioja

Está compuesta por hojas de 10 Km², en Proyección UTM. La división de hojas sigue una sistemática propia, pero sin apoyarse directamente en las hojas del Mapa Topográfico Nacional.

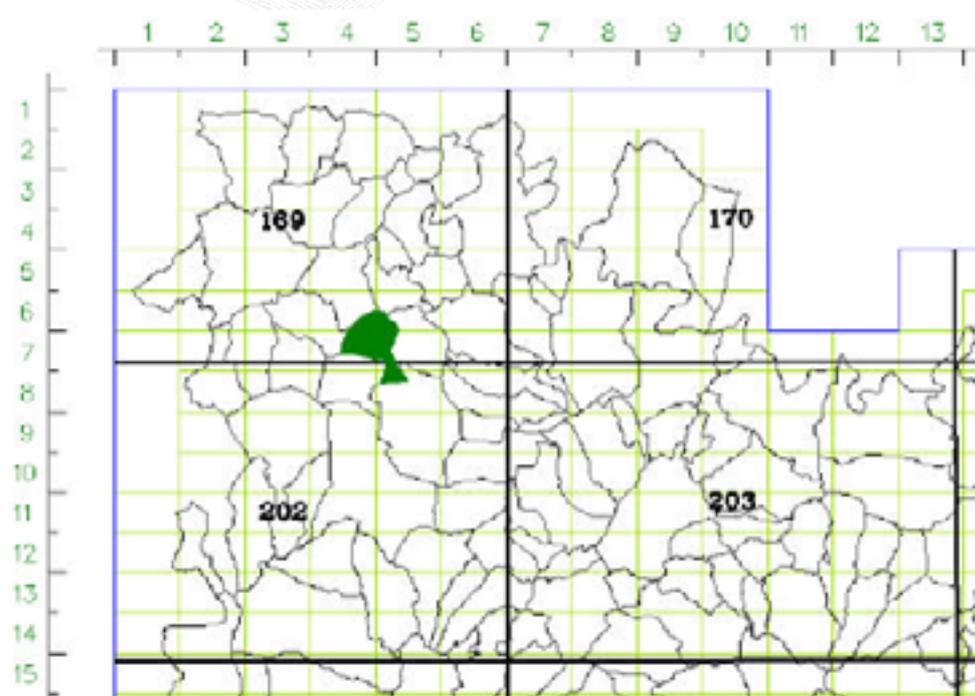


Fig. 6.12 - Distribución de Hojas en la Cartografía de la Comunidad Autónoma de La Rioja.



Fig. 6.13 - Ortofotografía Digital de la D.G. del Medio Natural.

Los ficheros, en formato TIFF, vienen acompañados de ficheros para la georreferenciación *.tfw*, tomando como referencia el centro del pixel superior izquierda de la imagen.

Ortofotografía Digital del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Las Ortofotografías Digitales del Ministerio de Agricultura se basan en la división de hojas del Mapa Topográfico Nacional 1:25.000. Cada hoja del MTN 1:25.000, se divide en cuatro partes, constituyendo cada parte una ortofoto. Estas se nombran como la hoja del MTN y asignando un número del I al IV a cada ortofoto, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo (Ejemplo: Ortofoto 169-II-I).

La resolución de las ortofotos es también de 1 metro por pixel y, de momento, solo se disponen en escala de grises. La mayoría de ellas es posible ya visualizarlas en Internet, a través del SIG Oleícola, con pequeños tiempos de descarga, gracias a la compresión ECW que se les ha aplicado.



El esquema de división de hojas es el siguiente:

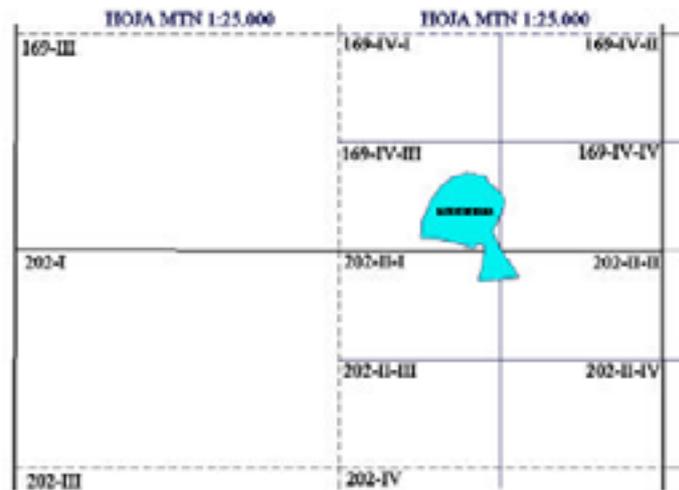


Fig. 6.14 - Distribución de Hojas en la Ortofotografías del MAPA.

Estas Ortofotos del MAPA están siendo utilizadas por la Dirección General del Catastro para la renovación o actualización de rústica de algunos municipios. Proceden de vuelos de gran altura, con escala de fotogramas originales 1:40.000 y precisiones finales de posicionamiento de puntos en torno a 1,25 metros. La calidad es algo inferior a la de las ortofotos de la Dirección General del Catastro.

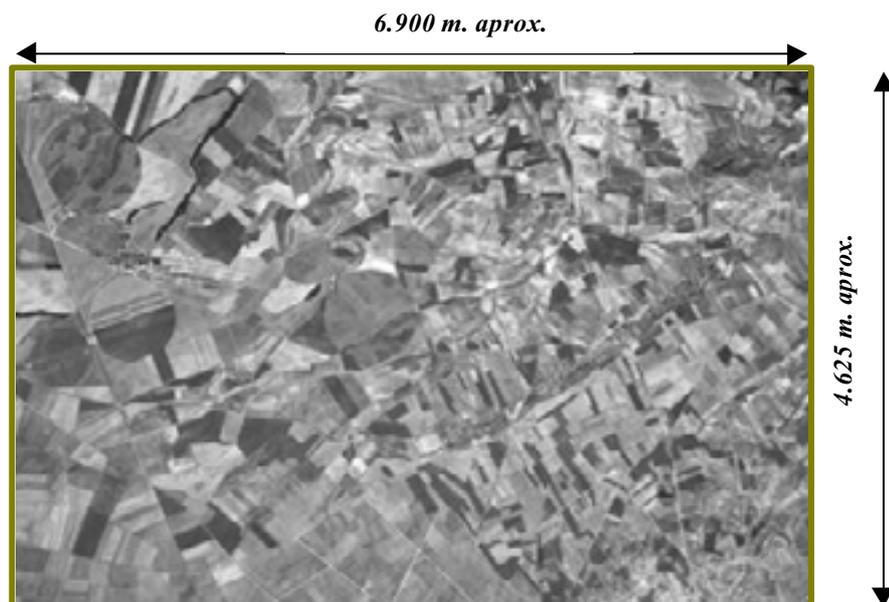


Fig. 6.15 - Ortofotografía Digital del MAPA.



Ortofotografía Digital de la Dirección General del Catastro

Este material ya fue comentado en el Capítulo 5, por ser el más utilizado por la Dirección General del Catastro para realizar las renovaciones catastrales rústicas. La estructura de Hojas se basa en dividir la Hoja de Mapa Topográfico Nacional 1:50.000 en 6 filas y 11 columnas

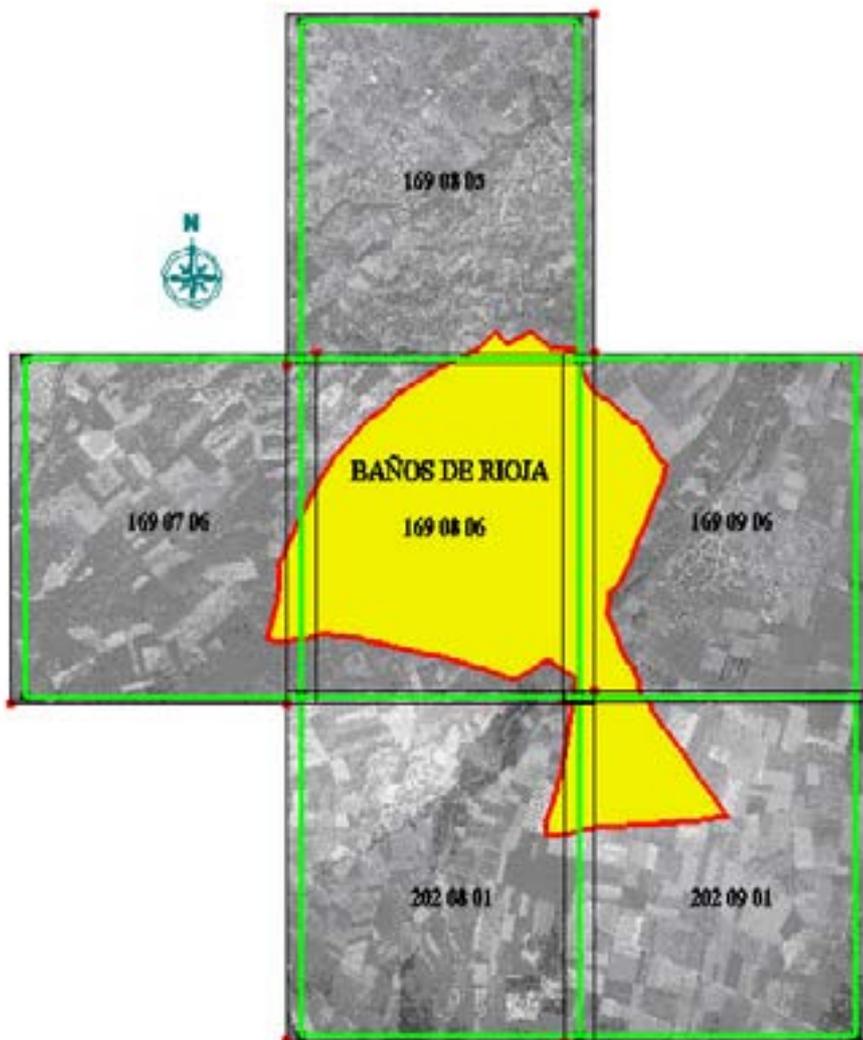


Fig. 6.16 - Distribución de Hojas y Ortofotos de la Dirección General del Catastro.

Las ortofotos de la Dirección General del Catastro proceden de vuelos a escala 1:15.000 ó 1:20.000 y se obtienen unas precisiones estándar en torno a 0,5 metros. Hasta el año 2000, las ortofotos eran en escala de grises. Ahora se contratan ya en color.



En vista de los materiales ortofotográficos descritos, parece evidente que la elección de uno de ellos para los objetivos del análisis experimental en esta Tesis, debe decantarse hacia las Ortofotografías Digitales de la Dirección General del Catastro. Y ello, en base a tres cuestiones principales:

- que es precisamente este material el que se utiliza para las revisiones catastrales de rústica. Para que los resultados sean comparables, conviene utilizar los mismos materiales.
- este material es específicamente elaborado para este propósito, estando ya muy definidas las exigencias de precisión y calidad y teniendo establecidos severos controles específicos en este sentido.
- que ninguno de los restantes materiales disponibles, tiene una precisión y calidad superior a éste.

Por ello, se adopta la decisión de utilizar las Ortofotografías Digitales de la Dirección General del Catastro para los procesos de digitalización previos a la obtención de las superficies catastrales de fincas rústicas y para otros estudios derivados, que constituyen el bloque fundamental de la parte experimental de este Tesis.

6.2.2 Planos Catastrales

El municipio de Baños de Rioja, dispone de los Planos Catastrales de rústica de la Dirección General del Catastro, a escala 1:2.000 y en formato poliéster y copias en papel. Precisamente serán estos Planos, los que se digitalicen para realizar comparaciones entre la superficie catastral deducida del plano y la superficie agraria obtenida en los levantamientos topográficos de las fincas rústicas. También se utilizarán para comparar sus superficies con las de la base de datos de Catastro.

Los planos están organizados en 8 Polígonos parcelarios, todos ellos sin georreferenciar. El contenido de estos Planos es el típico en los planos catastrales, es decir, aparecen definidas las parcelas catastrales, con su



número de parcela y subparcela, los caminos y acequias, construcciones aisladas, parajes, etc.



Fig. 6.17 - Plano Catastral.

Los actuales Planos Catastrales de Baños de Rioja, se elaboraron en la última revisión catastral del municipio realizada en el año 1.990. Actualmente, el municipio se halla en fase de renovación catastral sobre ortofotografía, la cual está previsto que finalice en los primeros meses del año 2002. Es de suponer, por tanto, que las modificaciones sobre los Planos originales sean abundantes.

6.2.3 Cartografía 1:5.000

Se dispone de la cartografía a escala 1:5.000 de la Comunidad Autónoma de La Rioja, en formato digital. En ella se reflejan todos los accidentes geográficos significativos (caminos, acequias, construcciones, vértices geodésicos, puntos de apoyo con coordenadas UTM, masas arbóreas, aprovechamiento del suelo, ...) y se incluyen curvas de nivel con equidistancia 5 metros. Se utilizará esta cartografía para superponerla sobre las ortofotos digitales y comprobar la calidad geométrica de las mismas. Además servirá como plano de referencia en la planificación de los Levantamientos Topográficos.

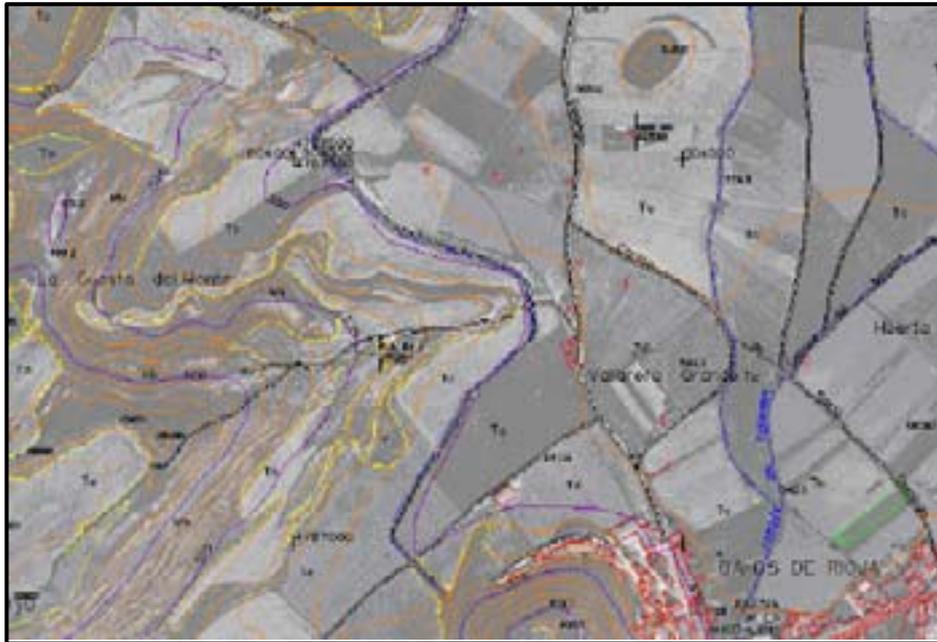


Fig. 6.18 - Cartografía 1:5.000 sobre Ortofotografía Digital.

6.2.4 Equipos Topográficos

Para el desarrollo experimental de la presente Tesis, es necesario realizar Levantamientos Topográficos, con objeto de definir lo más correctamente posible la forma, dimensiones y superficie de las fincas rústicas seleccionadas. Estos levantamientos deben hacerse por tanto con la mayor precisión posible, utilizando aparatos adecuados.

Definida ya la zona de actuación (ver apartado 6.1.4), se presentan dos posibilidades para realizar los levantamientos:

- Utilización de Estaciones Totales Electrónicas, mediante métodos topográficos clásicos (intersección, itinerario, radiación).
- Utilización de GPS, con equipo base en vértice geodésico y equipo móvil realizando el levantamiento, con corrección diferencial.

Es necesario tener en cuenta la disposición de las zonas a levantar, que según se decidió, consistían en un conjunto de parcelas ubicadas en el polígono 5, con una superficie total de 98 Has y otro conjunto de parcelas, del polígono 2 y 3, con una superficie total de 104 Has. Ambos grupos



están separados uno del otro, una distancia de 1.300 m. aproximadamente y la visibilidad entre ellos es casi nula.

Como exigencia general, podría establecerse una precisión en el posicionamiento de cualquier punto, en torno a los 10 cm. en planimetría. Como el objetivo final es la determinación de la superficie agraria de las fincas, la altimetría pasa a un segundo término, ya que las cotas de los puntos no van a intervenir en el valor de dicha superficie. No obstante, se podría establecer para la altimetría una exigencia de precisión similar a la planimetría, en torno a los 10 cm. igualmente.

Los dos métodos propuestos son perfectamente capaces de conseguir dicha precisión con unas mínimas precauciones en la fase operativa de los trabajos y una buena calidad en los equipos utilizados.

Usando aparatos topográficos, se deberá dar coordenadas a los extremos de una base, apoyándose en vértices geodésicos próximos y trabajar independientemente en ambas zonas de actuación. Con GPS, se necesitarían dos equipos, uno fijo y uno móvil, y utilizando un vértice geodésico como referencia, se podrían levantar ambas zonas conjuntamente.

Los tiempos necesarios para la ejecución de los levantamientos, considerando los trabajos previos y los propios del levantamiento, se estiman en cuatro días en el caso de usar GPS y seis días en el caso de utilizar Estación Total. El sistema GPS requerirá más tiempo de planificación inicial y el trabajo con Estación Total necesitará más tiempo de ejecución real y cálculo posterior.

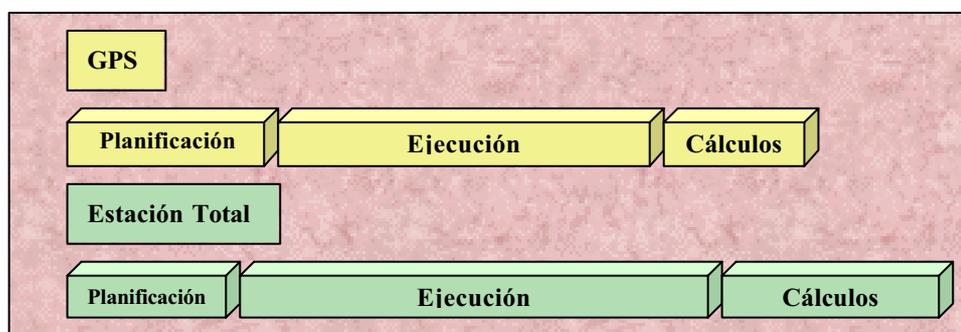


Fig. 6.19 - Tiempos de ejecución de trabajos topográficos.



Aunque las precisiones alcanzadas con uno u otro equipo no tienen por qué diferenciarse excesivamente, lo cierto es que en el trabajo con Estación Total, para unas características dadas del aparato, la precisión final depende más de la forma de trabajar del propio operador. En el trabajo con GPS, la precisión final alcanzada dependerá más de otras circunstancias (efemérides, parámetros de geometría posicional de los satélites, ...), que, en general, son menos controlables.

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas descritas anteriormente, se adopta la decisión de realizar los Levantamientos Topográficos necesarios, mediante el uso de Estación Total, por métodos topográficos clásicos.

6.2.4.1 Características de la Estación Total Electrónica

Para alcanzar las precisiones requeridas (10 cm.) y teniendo en cuenta la extensión y disposición superficial de las dos zonas a levantar, se considera suficiente y necesario utilizar una Estación Total con precisión acimutal y cenital mínima de 15 segundos centesimales, precisión en la medida de distancias de +/- (3 mm + 5 ppm) y alcance con un prisma, en torno a los 1.200 metros.

Se opta por el siguiente equipo:

- Estación Total, marca Topcon, modelo GTS-303.
- Medición angular electrónica, con sistema de lectura incremental.
- Compensación automática de eje vertical (margen de compensación +/- 3').
- Precisión angular (desviación estándar basada en la norma DIN18723) igual a 1.5 mgon.
- Medición de distancias en condiciones normales, 1.400 m. con 1 prisma, 2.200 m. con tres prismas.
- Precisión en la medición de distancias, +/- (2 mm + 2 ppm).
- Sensibilidad del nivel de la alidada, 30"/2mm.

Otras especificaciones técnicas del citado equipo son:

Telescopio	Longitud	150 mm.
	Lente objetivo	45 mm.
	Aumentos	30 X
	Imagen	Directa
	Campo visual	1° 30´
	Distancia mínima de enfoque	1,3 m.
Distanciómetro	Cómputo mínimo en medición fina	1 mm.
	Cómputo mínimo en medición gruesa	10 mm.
	Cómputo mínimo en medición tracking	10 mm.
	Tiempo de medición en modo fino	2,5 sg.
	Tiempo de medición en modo grueso	0,5 sg.
	Tiempo de medición en modo tracking	0,3 sg.
Medición angular	Diámetro del círculo	71 mm.
	Apreciación mínima	0,5 mgon.
	Tiempo de medición	0,3 sg.
Nivel circular	Sensibilidad	10´/2 mm.

El equipo ha sido calibrado con fecha 14 de Mayo de 2.000 y por tanto, estaba en buenas condiciones para realizar los levantamientos topográficos previstos.



Fig. 6.20 - Estación Total Electrónica.

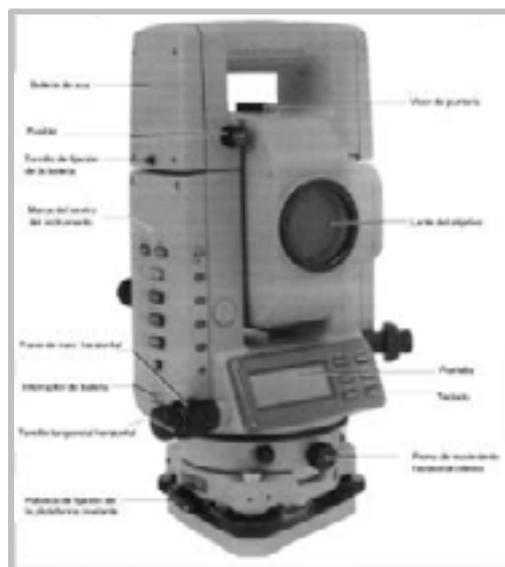


Fig. 6.21 - Componentes principales.



6.2.5 Software a utilizar

Para el desarrollo de esta Tesis será preciso utilizar un conjunto de Programas y Sistemas Informáticos específicos. Desde las tareas iniciales de digitalización sobre planos parcelarios hasta los últimos estudios estadísticos para la obtención de resultados, pasando por la gestión de la información geográfica, exigirán el uso de estos programas, que a continuación se pretende describir someramente. Más adelante, al estudiar la metodología de trabajo aplicada, se completará esta descripción.

A modo de resumen, se adjunta a continuación un esquema de tareas y programas:

<u>TAREAS</u>	<u>PROGRAMAS</u>
Digitalización Planos Catastrales.....	Microstation [®] SE
Integración de Ortofotos en GIS.....	Geomedia [®] Profesional
Digitalización de Ortofotos	Geomedia [®] Profesional
Diseño Levantamientos Topográficos.....	Microstation [®] SE
Integración Planos CAD en GIS.....	Servidor CAD de Geomedia
Extracción de datos catastrales.....	Oracle / Microsoft [®] Access
Análisis estadísticos.....	SPSS [®]

Microstation[®] SE



Las principales tareas realizadas con herramientas de Microstation han sido la digitalización de los planos catastrales y la elaboración de los Planos derivados de los Levantamientos Topográficos. Fue necesario realizar previamente labores de configuración y ajuste de la mesa digitalizadora bajo entorno Microstation, para asegurar una correcta



digitalización. La información vectorial generada en este proceso, se almacenó en distintos niveles, para una mejor exportación posterior al SIG.

En cuanto a elaboración de los planos topográficos, la información llegó a Microstation a través de ficheros *.dxf* generados por software de cálculo topográfico específico. La información básica almacenada fue número de punto, coordenada X, coordenada Y, coordenada Z y código de punto. A partir de la representación de la nube de puntos, y con los croquis de campo respectivos, se fueron elaborando los planos topográficos de la parcelas levantadas con Estación Total.

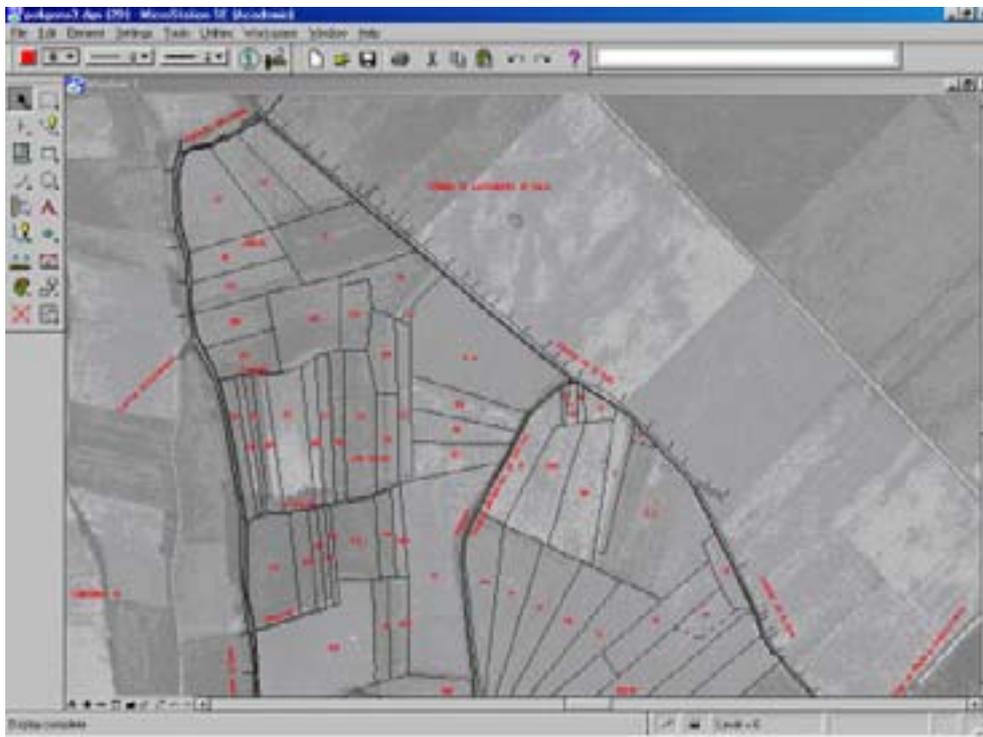


Fig. 6.22 - Digitalización de planos catastrales con Microstation® SE.

Al no estar georreferenciados los planos catastrales, se utilizaron las ortofotografías digitales (integradas en Microstation como ficheros de referencia raster) con sus ficheros de georreferenciación, para superponer la información vectorial procedente de la digitalización. Mediante movimientos de desplazamiento y rotación se posicionó correctamente toda la información vectorial generada, dejándola preparada para ser integrada en el SIG.



Geomedia® Profesional



La elección del Sistema de Información Geográfica a utilizar en esta Tesis se ha basado en criterios de calidad, operatividad y fácil manejo. La exigencia de que fuera un SIG vectorial, de alta precisión geométrica, capaz de integrar información raster (ortofotografía digital) georreferenciada, con herramientas de análisis topológico básicas y gestión y edición de bases de datos relacionales exportables, dejaba las posibilidades de elección en dos opciones: ARC/INFO y GEOMEDIA Profesional. Ambos son capaces de realizar sin dificultad todas esas tareas.

Por su fácil manejo, cómodo *interface* de usuario, integración de herramientas en el entorno Windows y trabajo con base de datos extendida de Microsoft® Access, aparecía como elección más adecuada GEOMEDIA® Profesional. Otras cualidades de este SIG vectorial tenidas en cuenta fueron su capacidad de trabajo simultáneo con distintas fuentes de datos (ArcInfo, ArcView, Access, Framme, Mapinfo, MGE, ...), la lectura directa en formato nativo, sin traducción, integración directa de ficheros CAD, etc.

Hay seis tareas fundamentales a realizar con GEOMEDIA® Profesional para el desarrollo experimental de esta Tesis:

- Integración de Ortofotografía Digital, por medio del registro (georreferenciación) de las imágenes.
- Digitalización de ortofotos y generación de base de datos Access.
- Integración de ficheros CAD, procedentes de la digitalización de planos catastrales de rústica con Microstation® SE.
- Validación de geometría y conectividad (para depurar errores en la digitalización).
- Realización de consultas espaciales o basada en valores de los atributos de cada clase de entidad.

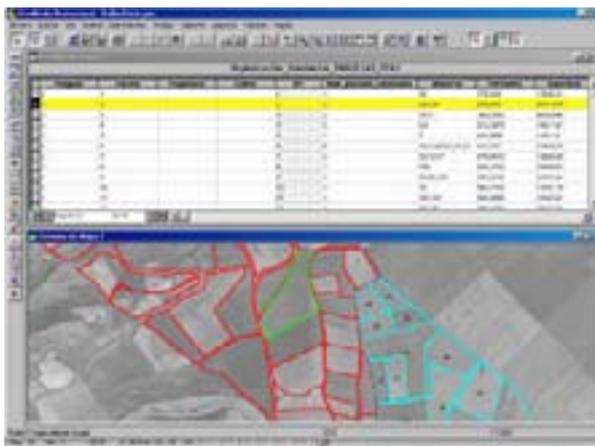
- Elaboración de bases de datos propias con las entidades generadas y con las consultas realizadas.



Fig. 6.23 - Pantalla de trabajo con GEOMEDIA® Profesional.

Otras capacidades y tareas realizadas por GEOMEDIA® Profesional son la digitalización semiautomática de entidades (detectando vértices ya digitalizados), edición de vértices de entidades ya creadas, operaciones espaciales con geometrías, utilización de filtros espaciales, medición de

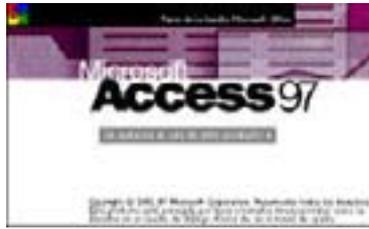
distancia y superficies agrarias en base a las coordenadas cartesianas X,Y, exportación a distintos formatos (Microstation, ArcView, Mapinfo, ...), gestión conjunta de datos gráficos y alfanuméricos, etc.



Otras herramientas utilizadas dentro de GEOMEDIA® Profesional serán descritas posteriormente, cuando se analice la metodología seguida.



Microsoft® Access



La base de datos de Microsoft ha sido fundamental en la elaboración de los trabajos experimentales de esta Tesis, principalmente por tres razones:

- Los datos de catastro referidos a la superficie catastral rústica de las parcelas del municipio de Baños de Rioja, fueron exportados desde su fuente nativa (Base de Datos Oracle) a una base de datos Access.
- Los atributos generados para cada entidad (parcelas, caminos, ...) en GEOMEDIA® Profesional fueron almacenados en una base de datos Access. En ella, se integraron los valores superficiales de las parcelas digitalizadas sobre ortofoto, las digitalizadas sobre planos catastrales y las levantadas topográficamente.
- Estas bases de datos Access fueron el origen de los datos para el análisis estadístico con el programa SPSS®.

Se optó por crear en el SIG una base de datos única y asignar una tabla para cada una de las clases de entidad consideradas.

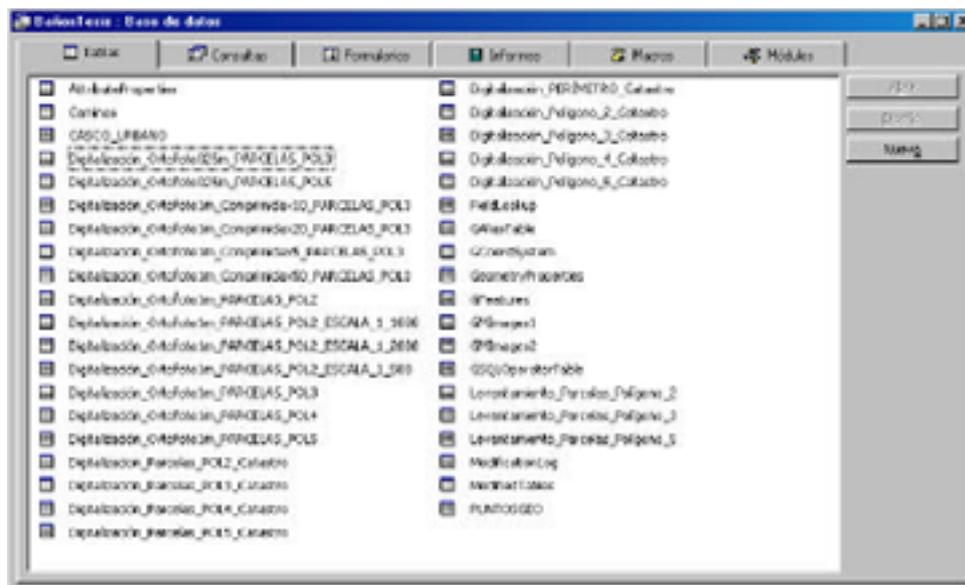


Fig. 6.24 - Base de datos creada por GEOMEDIA® Profesional.



El atributo más importante dentro de cada tabla es el correspondiente a la superficie de las parcelas. GEOMEDIA rellena automáticamente este atributo, junto con el perímetro, teniendo en cuenta la geometría de cada parcela, definida por las coordenadas de sus vértices.

A cada clase de entidad, se le ha asignado dentro de una tabla una serie de atributos, que para las parcelas digitalizadas son:

- Número de polígono parcelario en el que se encuentra.
- Número de parcela catastral o número de parcela digitalizada.
- Nombre del propietario
- Cultivo actual
- Número de parcelas catastrales que componen la parcela digitalizada.
- Números de las parcelas catastrales que la integran.
- Superficie
- Perímetro.
- Número identificador de cada entidad.

A través de estos atributos, GEOMEDIA puede realizar fácilmente mapas temáticos y consultas.

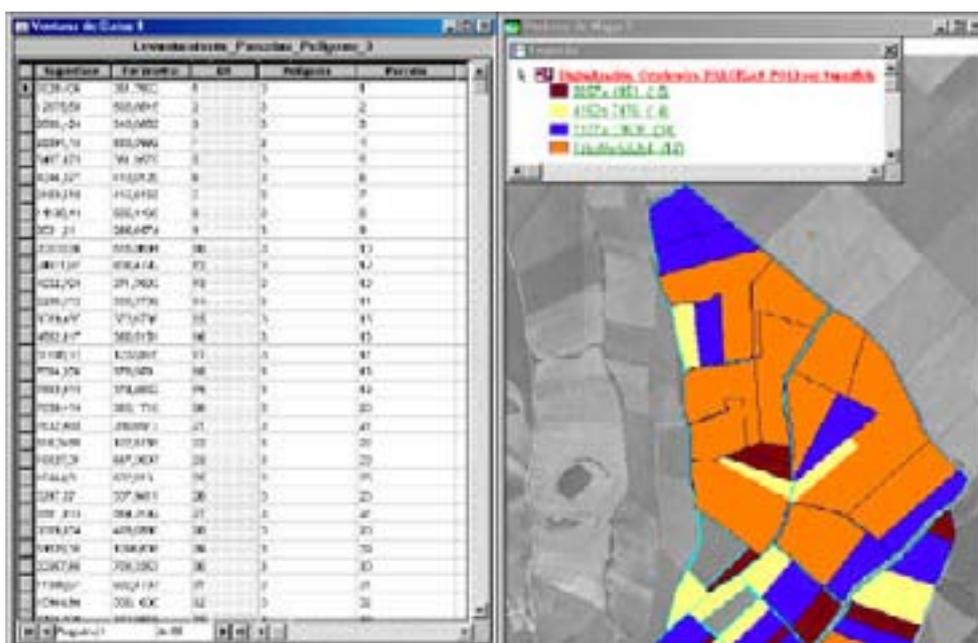
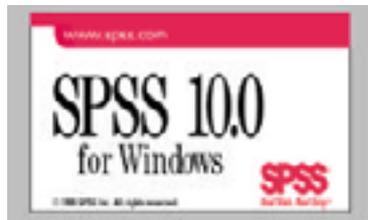


Fig. 6.25 - Uso de la Base de Datos para generar Mapas Temáticos.



Análisis estadístico con SPSS®.



El programa estadístico SPSS ha sido elegido para la realización de todos los análisis estadísticos derivados de la fase experimental de esta Tesis.

Sus capacidades de manejo de datos en distintos formatos (DBase, Excel, Access, Systat, Foxpro, Lotus, ...), sus amplias posibilidades para ejecutar múltiples y complejos procedimientos estadísticos y sus buenas cualidades para la generación de gráficos, hacen del programa SPSS un instrumento fundamental y resulta una pieza clave para la obtención de los resultados y las conclusiones finales de la Tesis.

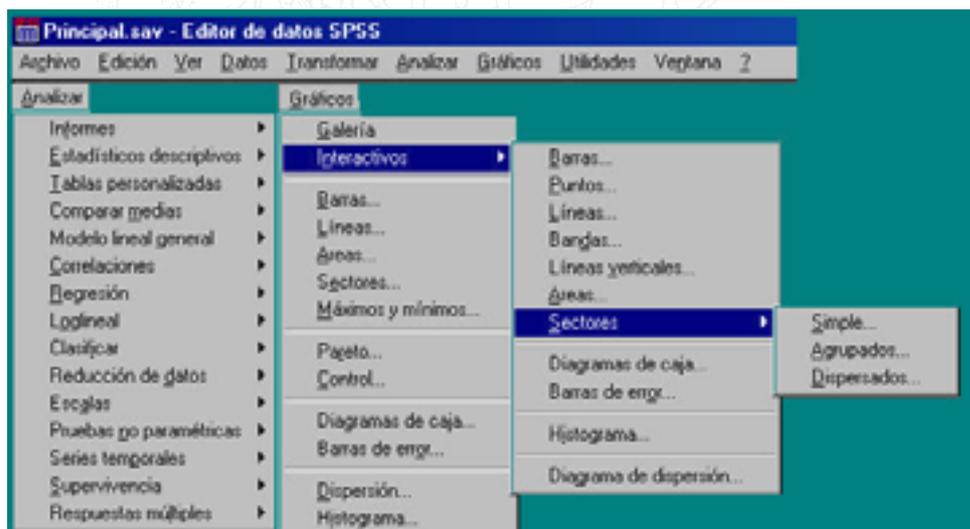


Fig. 6.26 - Herramientas del Programa estadístico SPSS®.

El programa SPSS se estructura en dos partes fundamentales: por un lado, el *editor de datos*, en el cual se insertan y organizan todos los datos a analizar y, por otro, el *visor de resultados*, en donde se graban los resultados de todos los procesos estadísticos ejecutados y los gráficos. Los flujos de trabajo entre las bases de datos procedentes del GIS y el programa SPSS serán comentados más adelante al estudiar la metodología aplicada.



6.2.6 Hardware utilizado.

En este apartado se van a describir los elementos más significativos del hardware utilizado. Antes de iniciar esta Tesis, se estableció el objetivo de intentar desarrollarla utilizando hardware no demasiado específico, asequible para la mayoría de los usuarios y con configuraciones típicas de ordenadores personales de sobremesa.

Así, la presente Tesis se ha desarrollado en todas sus fases con el siguiente hardware básico:

- Ordenador Pentium II, con 300 MHz de velocidad del microprocesador.
- Memoria RAM de 64 Mb.
- Disco Duro de 4 Gb.
- Tarjeta gráfica Matrox Millennium II AGP, de 8 Mb.
- Monitor de 17".

Es necesario reconocer que esta configuración del equipo de trabajo ha resultado ser demasiado limitante en algunas fases del mismo. Esta Tesis, eminentemente gráfica, exige en muchos momentos prestaciones gráficas superiores a las utilizadas y los tiempos de respuesta, a veces han sido bajos. Por otro lado, en gran número de ocasiones fue necesario ejecutar varios programas simultáneamente, lo cual exige mucha memoria RAM y velocidades mayores del microprocesador, que en general estaban ambas características muy limitadas. Se han producido frecuentemente colapsos del sistema, que en ciertas ocasiones han hecho peligrar la integridad de los datos y/o de los procesos.

Por ello, para la realización de este tipo de estudios, se recomienda el uso de una configuración mínima del hardware superior a la utilizada, como la siguiente, que por otro lado, hoy en día, sigue siendo una configuración típica de los ordenadores personales de sobremesa:



- Ordenador tipo Pentium III, con 833 MHz de velocidad del microprocesador.
- Memoria RAM de 128 Mb.
- Disco Duro de 5 Gb.
- Tarjeta gráfica tipo GForce, de 32 Mb.
- Monitor de 19”.

6.2.7 Periféricos de digitalización.

Para la digitalización de los planos catastrales 1:2.000 en formato papel, se utilizó mesa digitalizadora marca DrawingBoard III de Calcomp, modelo 34600, con un área activa de 1.524 mm. x 1.118 mm., suficiente para la digitalización de planos tamaño DIN A0 ó superior. La mesa digitalizadora se configuró con su propio software y fue utilizada bajo entorno Microstation[®] SE.

Los componentes básicos de la mesa digitalizadora son:

- Tablero de digitalización, sobre el cual se dispone el material a digitalizar. Contiene el área activa de digitalización.
- Puntero digitalizador, que lleva un cursor y un conjunto de botones que van localizando y grabando los puntos seleccionados.
- Interface de comunicación en serie RS-232, compatible con ordenadores PC y estaciones de trabajo SUN, a través del cual los datos son transportados y almacenados en el ordenador.

El proceso de configuración de la mesa digitalizadora con Microstation se basa en los siguientes pasos:

- Definir la resolución de la pantalla a 1068 x 1276
- Reiniciar el ordenador para aceptar dicha configuración.
- Abrir el fichero .dgn que va a acoger los datos digitalizados.
- En el menú *Espacio de Trabajo*, seleccionar el submenú *digitalización*.



- Configurar la partición del tablero, dando un punto de datos en la esquina inferior izquierda de la mesa digitalizadora y otro, en la esquina superior derecha. De esta forma queda definida en el tablero la pantalla de Microstation.
- Ajustar el área activa identificando puntos en el tablero y en la pantalla. Como mínimo son necesarios cuatro puntos.
- Asignar funciones a los botones del ratón del tablero.

Las especificaciones técnicas de la mesa digitalizadora utilizada son:

Resolución	Variable, hasta 10.000 lpi
Precisión	0,127 mm.
Proximidad	> 12 mm.
Repetibilidad	0,001"
Área activa	44" x 60"
Ratón digitalizador	16 botones



Fig. 6.27 - Digitalización de planos catastrales sobre mesa digitalizadora.



6.3 METODOLOGÍA

En este apartado se va a tratar de decidir, justificar y describir la metodología aplicada para llevar a cabo el estudio de la superficie catastral rústica a través de los procesos de digitalización de ortofotografías digitales.

Ya fue comentado en apartados anteriores, la dificultad existente para hacer coincidir los conceptos de superficie catastral y superficie agraria de una finca rústica. Los procesos de renovación catastral tienen como uno de sus principales objetivos, que ambos conceptos se parezcan lo máximo posible y, en todo caso, que la superficie que aparece en la base de datos catastral proceda directamente de la deducida por la geometría de la parcela en el fichero gráfico digital correspondiente.

6.3.1 Planteamiento General

En esta Tesis, nos centraremos fundamentalmente, en el primero de los aspectos mencionados, es decir, averiguar qué sucede cuando se intenta definir la superficie catastral por los procedimientos de revisión del Catastro de rústica establecidos, para que los resultados no sean coincidentes con la medición topográfica de la superficie agraria de las parcelas.

Por otro lado, resulta necesario evidenciar la problemática existente actualmente en muchos municipios de nuestro país, con cartografía catastral rústica no digitalizada y en los que la base de datos de Catastro, en cuanto a superficies, dista mucho de reflejar la realidad física de las parcelas. Puesto que las superficies catastrales son un elemento esencial a la hora de determinar el valor catastral de los inmuebles rústicos [García, 2000], esta imprecisión tiene o puede tener una importancia económica extraordinaria en el conjunto de fincas rústicas del territorio nacional.

Los nuevos procedimientos de revisión catastral conceden una importancia suprema a la digitalización sobre ortofotografía digital de las parcelas rústicas, como técnica básica para su definición geométrica y



superficial. Muchos autores han demostrado la calidad de este material, analizando la precisión geométrica de puntos bien definidos en el terreno y en la ortofoto [Catalá et al., 1999], poniendo especial precaución en las distintas fases de producción de las ortofotos. Pero, a pesar de todo, quedan aún muchas variables sin determinar (resolución óptima, mejor nivel de visualización durante la digitalización, factor de compresión, ...), por lo que, en aras a definir una metodología apropiada, se estudiarán estas variables como parte de la fase experimental de esta Tesis.

Las superficies procedentes de la digitalización sobre ortofotografía digital, van a ser comparadas con las superficies agrarias deducidas de los levantamientos topográficos realizados en campo sobre las parcelas reales. Por tanto, se describirá en este apartado la metodología seguida para la ejecución de los citados levantamientos, que sin diferenciarse excesivamente de los métodos topográficos tradicionales, pueden tener pequeños aspectos operativos diferenciadores, por el objetivo puramente superficial y catastral que los inspira.

Otro aspecto importante a considerar es el relativo al concepto de error superficial con el que se va a trabajar. Este concepto no es único y depende mucho de las variables que se están comparando. Se puede hablar de error superficial absoluto, error superficial relativo, error superficial relativo medio, media del valor absoluto del error superficial relativo,...., y cada error tiene su significado y sus consecuencias. También se puede diferenciar el error superficial relativo, en relación a la superficie o en relación al perímetro de la parcela. La variedad de conceptos en torno a los errores superficiales no debe enturbiar la claridad de los objetivos ni las metodologías aplicadas para ponerlos de manifiesto. Muy al contrario, debe permitirnos profundizar lo más posible en las causas y llegar a unas conclusiones plenamente veraces.

Como parte final del estudio de la metodología utilizada, se describirá el flujo de trabajo seguido desde la integración de los datos hasta la obtención de los errores superficiales.



6.3.2 Sistemas de digitalización

Para el desarrollo de esta Tesis, se plantean dos momentos en los que es necesario proceder a la digitalización de distinto material. Uno es cuando pretendemos digitalizar los planos catastrales en poliéster para deducir de ellos la superficie catastral y poder compararla con la superficie del levantamiento o con la de la base de datos, y otro momento es cuando se digitalizan las ortofotografías digitales en los procesos de renovación catastral rústica. En ambos es necesario tener una serie de precauciones, que se intentan describir seguidamente.

6.3.2.1 Digitalización de Planos de Catastro

Para obtener la superficie de cada parcela catastral según la cartografía existente (planos en poliéster), se presentan tres posibilidades básicas:

- La planimetría directa sobre el plano catastral, con planímetro digital. Siguiendo el contorno de cada parcela individual, se podría obtener la superficie definida por cada perímetro.
- El escaneo de los planos con escáner de grandes dimensiones y buena calidad geométrica, con posterior vectorización por software adecuado, integración en un SIG y posterior deducción de las superficies de las parcelas catastrales.
- La digitalización directa sobre mesa digitalizadora de gran tamaño, de los planos catastrales en poliéster, integración directa de vectores en el SIG y deducción automática de superficies.

El primero de los métodos es preciso descartarlo directamente, debido a su lentitud e imprecisión. Para obtener la superficie de una parcela sería necesario planimetrar su perímetro dos o tres veces y hallar la media. Cada tramo común entre dos polígonos, sería trazado por el planímetro una media de cuatro o seis veces, lo que hace del método un sistema de trabajo muy lento, inviable para zonas de medianas dimensiones y solo aplicable a parcelas puntuales. La única ventaja del método es que las imprecisiones

cometidas en una parcela no afectarían a las parcelas colindantes, pero, por contra, tiene la gran desventaja de que no se genera información vectorial y en nuestro caso este aspecto es limitante.

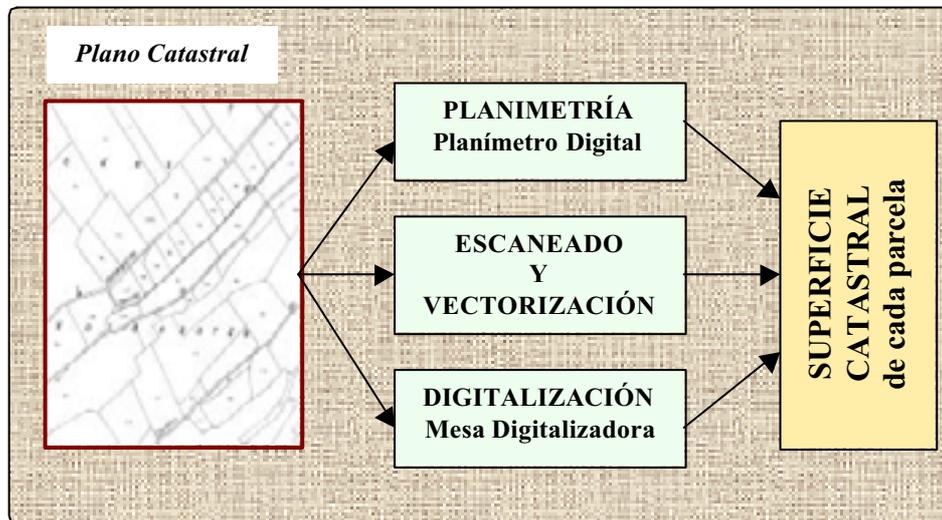


Fig. 6.28 - Obtención de la superficie catastral a partir de Cartografía en papel.

En relación con el segundo de los métodos propuestos, escaneo del plano y posterior vectorización, hay que decir que tiene tres inconvenientes iniciales. En primer lugar, requiere para su ejecución de escáneres de gran formato, generalmente de rodillos, de coste elevado. En segundo lugar, el escaneo genera ficheros de gran tamaño que luego han de ser sometidos a procesos de vectorización, con software específico, por lo que se necesita alta potencia de procesado y de almacenamiento en disco. En tercer lugar, el sistema de alimentación mediante rodillos, tiende casi siempre a generar imprecisiones y es preciso utilizar complejos sistemas de calibrado de los aparatos si se quieren obtener precisiones aceptables.

Además, como fase previa a la vectorización, suele ser necesario recurrir a la inspección y limpieza de ruido de fondo de los ficheros raster, para evitar la detección inadecuada de vectores inexistentes. La vectorización no suele ser un proceso totalmente automatizado sino que exige un control exhaustivo por parte del operador, exigiendo su intervención en multitud de ocasiones.



No obstante, hay que reconocer que es un método con grandes perspectivas de futuro y que actualmente se está utilizando en muchos casos. Su perfecta integración en los modernos sistemas informáticos lo hacen perfectamente viable en estudios cartográficos de tipo generalista (cartografía humana, cartografía temática, ...), pero tal vez adolezca todavía de falta de precisión en los procesos de cartografía catastral.

El tercero de los métodos propuestos, la digitalización directa de los planos catastrales parcelarios en mesa digitalizadora, se presenta como el más adecuado para su utilización en esta investigación, ya que concede el control absoluto del trazado al operador. No es un método que confiera rapidez en los procesos, pero la precisión queda mayoritariamente en manos de la persona que digitaliza.

Es necesario realizar un buen ajuste inicial de la mesa digitalizadora, dando los suficientes puntos de control para que los errores residuales sean mínimos y aceptables. En esta fase, estos errores han sido siempre inferiores a 0.01 %, con al menos 4 puntos de control por polígono digitalizado.

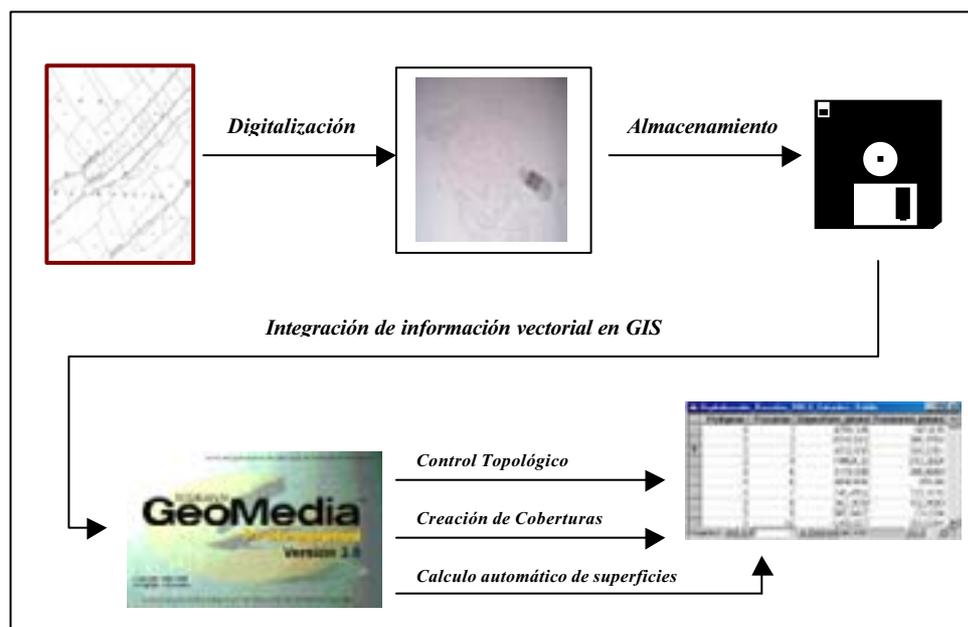


Fig. 6.29 - Proceso de digitalización de Planos catastrales parcelarios.



6.3.2.2 Digitalización sobre ortofotografía digital

La adopción de la ortofotografía como material base para la renovación catastral rústica es algo ya aceptado por la generalidad de agentes intervinientes en el proceso (Administración, empresas, clientes, ...). Para la obtención de un buen catastro parcelario a partir de ortofotografías es necesario que se den las siguientes dos condiciones básicas:

- Que las ortofotografías tengan de la suficiente precisión geométrica y radiométrica, como para que las entidades extraídas de ellas, reflejen fielmente la situación real de las parcelas y demás elementos geográficos.
- Que el método de digitalización permita deducir la forma, tamaño y superficie de las parcelas con la necesaria precisión, minimizando al máximo los errores sistemáticos superficiales.

La obtención de la ortofotografía digital debe venir precedida por un riguroso y exhaustivo control geométrico [Catalá et al., 1999]. La integración de las Ortofotografías Digitales en un Sistema de Información Geográfica se garantiza, a través de un adecuado sistema de georreferenciación. Una vez conseguido esto, sólo queda confiar en que la resolución radiométrica de la ortofoto refleje correctamente la realidad física del terreno e iniciar el proceso de digitalización en pantalla (“heads up”).

A la hora de afrontar la digitalización, se presentaban dos alternativas: la primera consistía en digitalizar en pantalla las ortofotografías digitales georreferenciadas en Microstation y la segunda, hacerlo directamente sobre las ortofotos registradas en el Sistema de Información Geográfica. Como más adelante se explicará, la segunda opción es más razonable y es la que se ha utilizado en la fase experimental de esta Tesis.

La técnica de digitalización en pantalla, no está exenta de las dificultades propias de todo proceso de digitalización. Se tiene la ventaja de



que durante la digitalización se pueden hacer modificaciones del nivel de zoom y ver los detalles con la ampliación necesaria, con lo que la precisión final mejorará.

Precisamente éste será uno de los aspectos analizados en la fase experimental de esta Tesis: la existencia de un nivel de visualización óptimo en los procesos de digitalización en pantalla de las ortofotografías digitales.

El creciente uso de formatos de imagen comprimidos, también se ha extendido a la digitalización en pantalla de ortofotografías digitales. Los ficheros de imagen, por lo general originalmente en formato TIFF, pueden someterse a procesos de compresión digital y después utilizar estos ficheros comprimidos para realizar la digitalización. Las compresiones suelen tener consecuencias directas sobre la calidad geométrica y radiométrica de las imágenes, que suelen ser claramente negativas. Por eso, se va a estudiar, como una variante más del proceso de digitalización, la influencia de los formatos comprimidos en la calidad de la digitalización.

Pero lo que realmente condiciona la digitalización en pantalla de las ortofotografías digitales para fines catastrales es la propia indefinición de los niveles digitales de los linderos en la imagen. Esta indefinición puede venir causada por la existencia de bandas de terreno inculto entre las parcelas agrícolas, límites con vías de comunicación o cursos de agua poco definidos, existencia de zonas no cultivadas junto a otras cultivadas dentro de una misma parcela, señalización de límites (mojones) inapreciable en la ortofoto, etc. La digitalización en estos casos se convierte en una tarea de fotointerpretación de linderos y esta interpretación a de ser siempre lo menos subjetiva posible.

6.3.2.2.1 Digitalización con Microstation.

La digitalización con Microstation requiere traer como referencia las imágenes ortofotográficas utilizando el fichero *.geo* que acompaña a los ficheros TIFF. Una vez georreferenciadas se puede iniciar la digitalización localizando cada clase de entidad en un nivel diferente.

Por medio del servidor CAD de Geomedia, creamos el fichero de transferencia *.csd*, para integrar la información vectorial en el SIG. A partir de estas entidades lineales generamos las entidades superficiales “parcelas” ya como una cobertura propia del SIG, con su base de datos *.mdb* asociada. Y por último vamos asignando los atributos correspondientes a cada entidad.

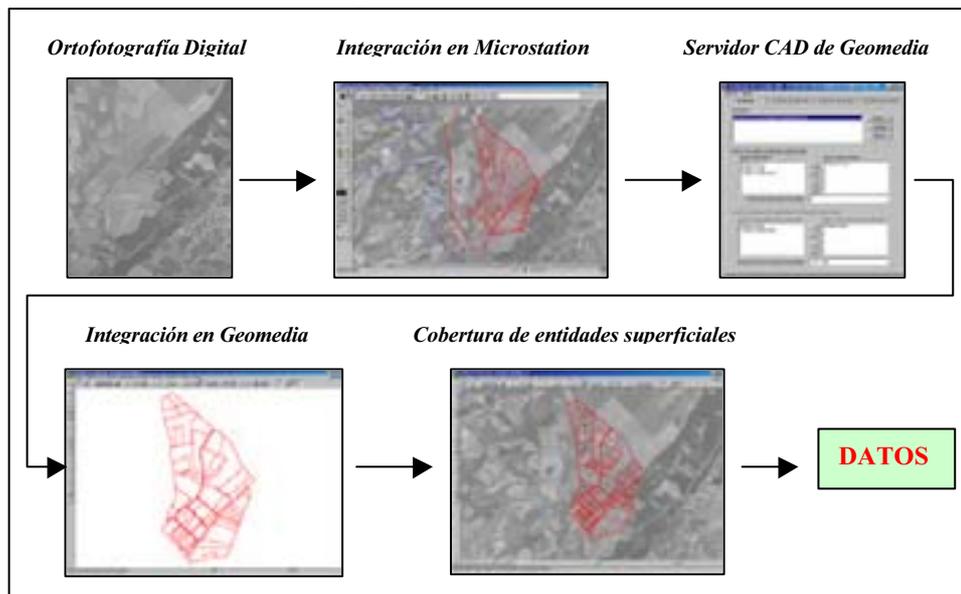


Fig. 6.30 - Digitalización de ortofotos desde Microstation® SE.

Como se observa, el proceso a seguir es largo, lento e innecesario, ya que todo él puede ser realizado directamente en GEOMEDIA® Profesional, sin necesidad de generar fichero iniciales *.dgn* ni ficheros intermedios *.csd*. La georreferenciación se hace con igual facilidad en Geomedia y la digitalización directa creando las entidades y sus atributos tiene sus claras ventajas. Por tanto se descarta esta forma de proceder y se adopta la que a continuación se describe.



6.3.2.2.2 Digitalización con Geomedia.

La digitalización en pantalla con GEOMEDIA® Profesional directamente, se presenta como la opción más ventajosa. Las ortofotos son georreferenciadas a través de los ficheros .tfw o .geo que acompañan a las imágenes TIFF. Una vez creadas las coberturas correspondientes (parcelas, caminos, acequias, ...) se procede a la digitalización en pantalla utilizando las herramientas de zoom y de “digitalización inteligente” de Geomedia.

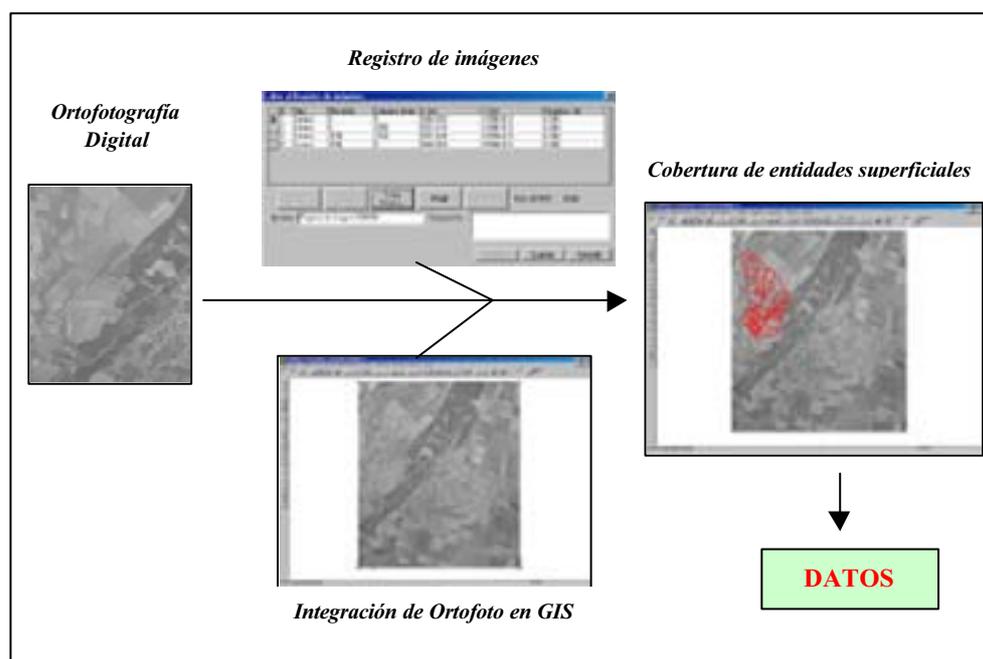


Fig. 6.31 - Digitalización de Ortofotos en GEOMEDIA® Profesional.

Previamente, se generó una cobertura propia para los puntos de georreferenciación, necesarios para el proceso de registro de las imágenes.

Una cualidad importante en Geomedia es la posibilidad de usar la geometría ya existente al digitalizar, detectando automáticamente los vértices e incorporándolos a la entidad actual, gracias a la incorporación de la tecnología SmartSketch® de Intergraph®.

Otra característica importante de Geomedia durante la digitalización de entidades es el encuadre automático de la ventana de trabajo cuando nos acercamos a los bordes.

6.3.3 Nivel de visualización durante la digitalización.

En la digitalización de las ortofotografías digitales es importante aplicar el nivel de zoom necesario en cada momento, para alcanzar las máximas precisiones. Ya fue comentado en apartados anteriores, que lo más adecuado era utilizar un nivel de zoom variable, adaptado a las necesidades de cada momento y a las preferencias del operador.

Digitalizando sobre Ortofotografía Digital en pantalla con resolución de 1 m/pixel y con unas condiciones de parcelación medias como de las de la zona objeto de estudio, podría establecerse un nivel de zoom mínimo aconsejable de 1:1.500 y máximo de 1:750. Por debajo de éste, el pixel empieza a observarse en pantalla y enturbia la definición de los linderos. En caso de utilizar una ortofoto con resolución 0,25 m/pixel, dada su mejor definición, el rango de visualización se amplía y podría estar comprendido entre 1:1.750 y 1:500.

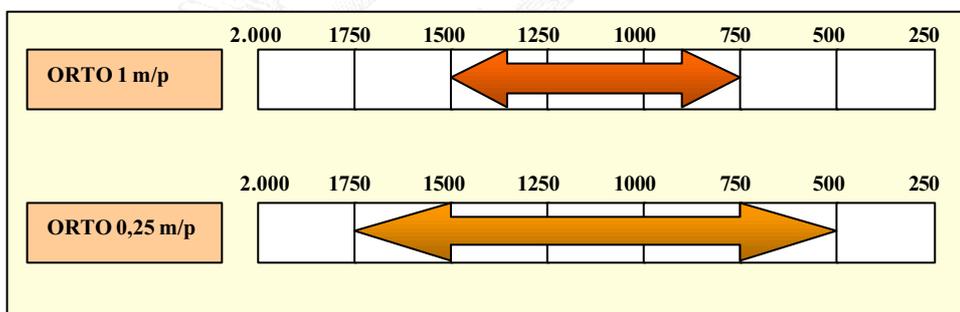


Fig. 6.32 - Rango de visualización en digitalización en pantalla.

En este sentido, observar que la ortofotografía digital de 0,25 m/p, ofrece un mayor rango de trabajo, pero por el contrario, requiere un hardware más potente para obtener unos buenos “*tiempos de refresco*”.

Para comprobar si el nivel de visualización influye de alguna forma en la determinación de la superficie catastral rústica, en la fase experimental de esta Tesis, se van a analizar las diferencias encontradas en la digitalización de ortofotografía digital de 1 m/pixel a niveles de visualización constante de 1:2.000, 1:1.000 y 1:500 y a un nivel de visualización variable.



6.3.4 Uso de formatos comprimidos en la digitalización de ortofotos.

El uso de formatos comprimidos está cada día siendo más utilizado en las más diversas ramas de la técnica. El ahorro de espacio en disco en materiales como las imágenes digitales, que tienden a ser de gran tamaño, justifica el uso de estos sistemas de compresión [Baltsavias, 1993]. Y más aún hoy en día, en que se está generalizando el uso de ortofotografías digitales en color RGB que ocupan, para una misma resolución espacial, tres veces más de tamaño que las de escala de grises.

Aunque cada día están apareciendo nuevos algoritmos de compresión que modifican y mejoran los existentes anteriormente, el formato más comúnmente empleado, ya comentado en apartados anteriores, es el algoritmo JPEG. Se utilizará este algoritmo a distintos niveles de compresión, para observar si existen diferencias en la determinación de la superficie catastral rústica. Los niveles de compresión ensayados serán: compresión 0 (sin comprimir), compresión 1/5, compresión 1/10, compresión 1/20 y compresión 1/50. Más allá de este último nivel de compresión, la calidad de la imagen baja considerablemente y la deja inutilizable para propósitos de digitalización.

Se adjunta a continuación una serie de figuras, en las cuales se observa la pérdida de calidad de la imagen a niveles crecientes de compresión:

La imagen representa un cruce de caminos bordeado por fincas rústicas. La escala de visualización para esta y para las siguientes imágenes es de 1:1.000, escala normalmente usada para procesos de digitalización en pantalla.



Fig. 6.33 - Imagen sin comprimir.



Fig. 6.34 - Imagen JPEG comprimida 1/5.

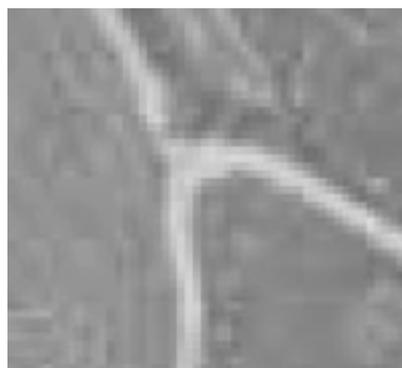


Fig. 6.35 - Imagen JPEG comprimida 1/10.

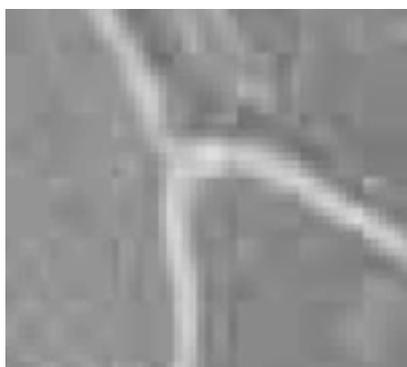


Fig. 6.36 - Imagen JPEG comprimida 1/20.



Fig. 6.37 - Imagen JPEG comprimida 1/50.

En las imágenes anteriores, se observa que a partir de una factor de compresión 1/10 la definición de linderos es escasa y prácticamente inexistente con compresión 1/50. En este último nivel de compresión pueden apreciarse las discontinuidades entre los octetos de pixeles, típicos en el algoritmo de compresión JPEG.

Otros formatos o algoritmos de compresión están aplicándose en la actualidad, favorecidos por el desarrollo de Internet y la necesidad de transferir imágenes lo más rápido posible y con la menor pérdida de calidad. Formatos como el ECW y el SID, ya comentados en el Capítulo 2, son dos buenas muestras de estos avances y de las tendencias de futuro en este campo.



6.3.5 Indefinición en los niveles digitales de los linderos.

Una causa importante de la obtención de errores en la determinación de la superficie catastral de una parcela rústica, es la indefinición de los propios linderos en la imagen ortofotográfica. Las líneas de división entre parcelas en una ortofotografía digital quedan definidas por el diferente contraste radiométrico existente entre una parcela y otra. Si este contraste no es lo suficientemente nítido, el lindero, que se materializa por digitalización sobre pantalla, quedará grabado de una forma muy indeterminada. En estos casos, el trazado de los linderos quedará a criterio del digitalizador, sin disponer de elementos objetivos suficientes para su correcto posicionamiento.

Los casos más típicos en los que suele plantearse esta situación, son los que se adjuntan a continuación:

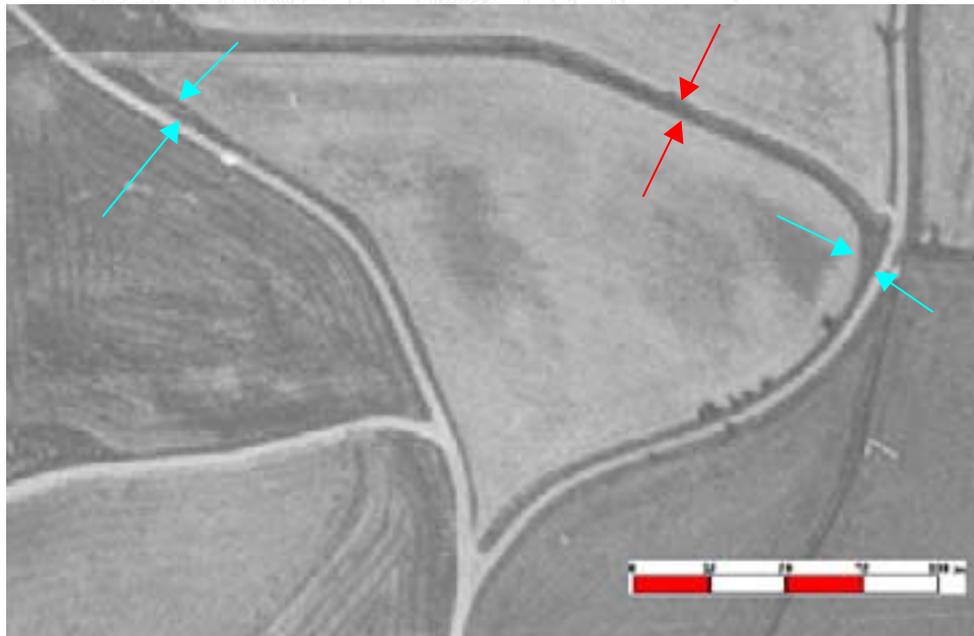


Fig. 6.38 - Indeterminación de linderos en fincas rústicas.

En la imagen anterior puede observarse una parcela rodeada por dos caminos rurales y separada de otra parcela por una franja de terreno inculta. Cuando se proceda a la digitalización de dichas parcelas, muy probablemente surgirán dudas acerca de la posición exacta del lindero

común, ya que no hay ningún indicio razonable que indique a lo largo de qué lado discurre dicho lindero. La anchura de la zona inculta es de unos 6 metros. La tendencia natural del digitalizador es a trazar la línea de división por una zona intermedia, a falta de otro criterio con mayor fundamento.

Si esta zona indeterminada coincidiese con un ribazo, tal vez en el municipio exista un criterio comúnmente aceptado acerca de la posesión medianera de dicho ribazo (a partes iguales, $2/3 - 1/3$, etc.) y se puede aproximar el trazado del lindero a este criterio. Pero en la generalidad de los casos, estos criterios no existen.

Como se deduce de lo expresado anteriormente, estas indeterminaciones físicas de la interpretación del lindero en la ortofoto, pueden generar importantes errores superficiales en las parcelas rústicas. Así, en una finca cuadrada de 1 Ha. de superficie total, un error de 1 m. en la posición de un solo lindero, produciría un error superficial del 1 %.

Igualmente, en la imagen anterior, se observan amplias zonas incultas entre los caminos y la parcela, que añadirán nuevas incertidumbres a la definición geométrica de su perímetro y por tanto de su superficie.

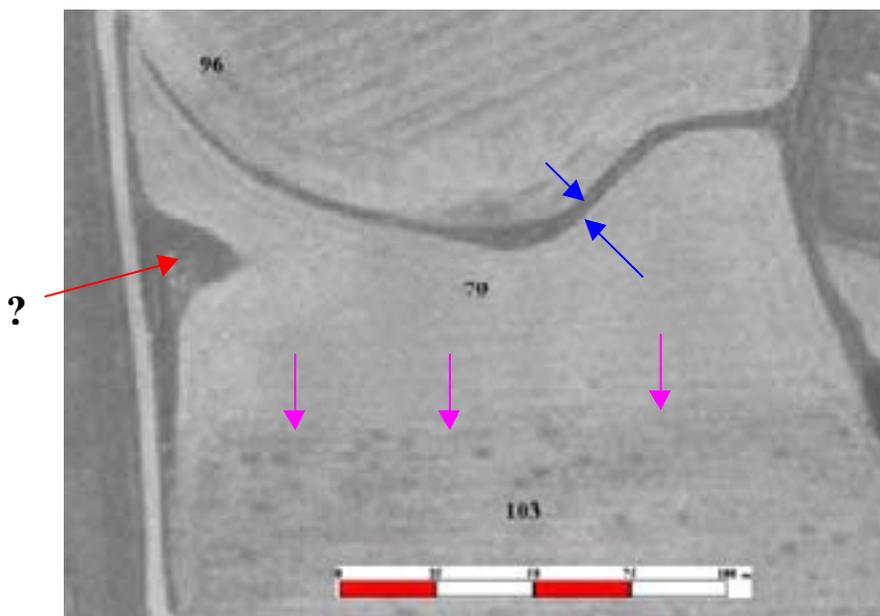


Fig. 6.39 - Indeterminación de linderos en fincas rústica (II).



El límite entre las parcelas 96 y 70 de la figura anterior, muestra una zona bien definida, de anchura variable, provocada por un desagüe de drenaje natural de las parcelas, que como siempre, crea indeterminación en la definición del lindero. Igualmente, se observa que el límite entre las parcelas 70 y 103 no queda radiométricamente bien determinado, al tener ambas parcelas un cultivo similar.

En estas ocasiones de indefinición, al digitalizar, lo más frecuente es guiarse por la información cartográfica existente y se tiende a mantener la situación de los linderos según la cartografía actual. Esto va en contra de la filosofía de la renovación catastral, que debe tender a definir gráficamente las parcelas según su delimitación física real en cada momento.

6.3.6 Métodos Topográficos

Una vez decidida la utilización de Estación Total para realizar los levantamientos topográficos de las parcelas objeto de estudio, es preciso definir los métodos topográficos a aplicar y de qué forma se apoyarán los unos en los otros.

Se tienen dos zonas diferenciadas, separadas unos 1.200 m. la una de la otra y sin que haya intervisibilidad entre ellas. Las parcelas del polígono 2 y 3, quedan localizadas entre los vértices geodésicos de la ROI “El Monte” y “El Largo”. Las parcelas del polígono 5, son visibles desde los vértices geodésicos próximos “El Largo” y “Villalobar”.

La situación de agrupación de parcelas de ambas zonas, permite a primera vista el levantamiento topográfico de las mismas, utilizando dos simples estaciones, ya que por simple radiación desde ellas, se alcanza a cualquier punto de lindero a levantar. Por tanto, como primera acción, se definirán mediante estacas semipermanentes clavadas en el terreno las dos estaciones de cada zona. Desde estas estaciones debe cubrirse perfectamente la totalidad del terreno a levantar.

VÉRTICES GEODÉSICOS Y ESTACIONES BASE DEL LEVANTAMIENTO

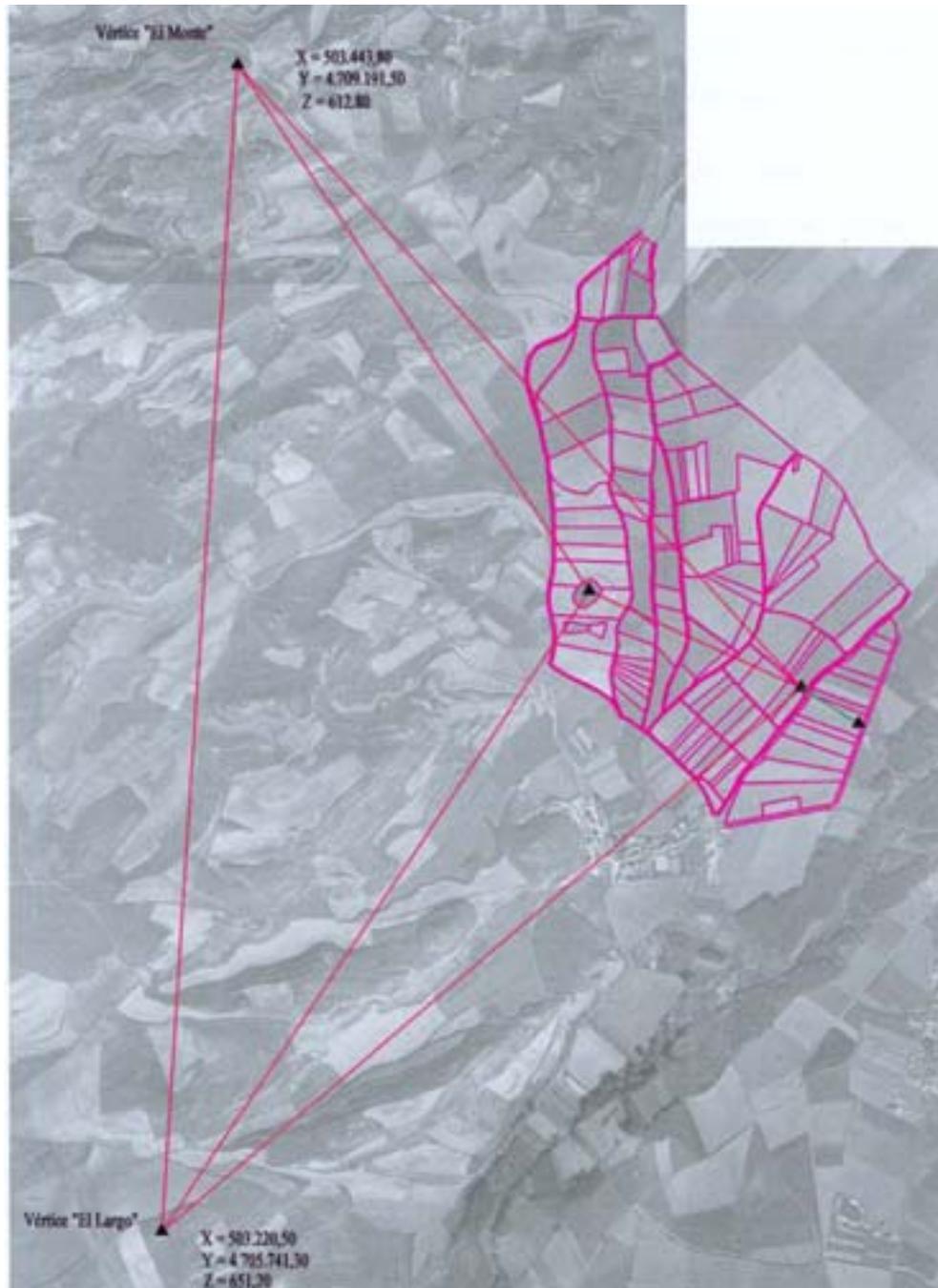


Fig. 6.40 - Métodos topográficos. Polígonos 2 y 3. Escala 1:20.000.



En la imagen anterior, se aprecia el conjunto de fincas agrícolas levantadas con una superficie de 104 Has., los dos vértices geodésicos visibles desde la zona y la posición de las dos estaciones base de este levantamiento. Para dar coordenadas a las estaciones base se utilizó el método de intersección mixta (intersección directa desde la base geodésica e intersección inversa desde las dos estaciones).

A pesar de que desde ambas estaciones era prácticamente visible toda la zona objeto de levantamiento, desde la estación 2000 quedaba una pequeña banda de terreno con dificultades de visibilidad, por lo que se optó por replantear una tercera estación “destacada” que cubriera sin problemas la zona semioculta.

De esta manera, las estaciones base 1000 y 2000 quedaban a una distancia de 700 m. y la estación 3000 a unos 200 m. de la estación 2000. Las visuales radiadas a los puntos del levantamiento quedaban en todo caso por debajo de los 1.100 m., distancia inferior a los 1.400 m. de alcance máximo en condiciones normales de la Estación Total utilizada.

La segunda zona a levantar, constituida por parcelas del polígono 5, con una superficie de 98 Has., quedan bajo la influencia de dos vértices geodésicos “El Largo” y “Villalobar”, por lo que se aplicará el mismo método anterior de intersección mixta para dar coordenadas a las dos estaciones replanteadas dentro de la zona objeto de estudio (ver imagen en página siguiente).

Las dos estaciones quedan de esta forma a unos 400 metros la una de la otra y desde ellas será preciso lanzar visuales a los puntos que definen los límites de las parcelas, que en ningún caso son mayores de 800 m. Esta distancia es inferior a los 1.400 m. de alcance máximo del distanciómetro utilizado.



VÉRTICES GEODÉSICOS Y ESTACIONES BASE DEL LEVANTAMIENTO

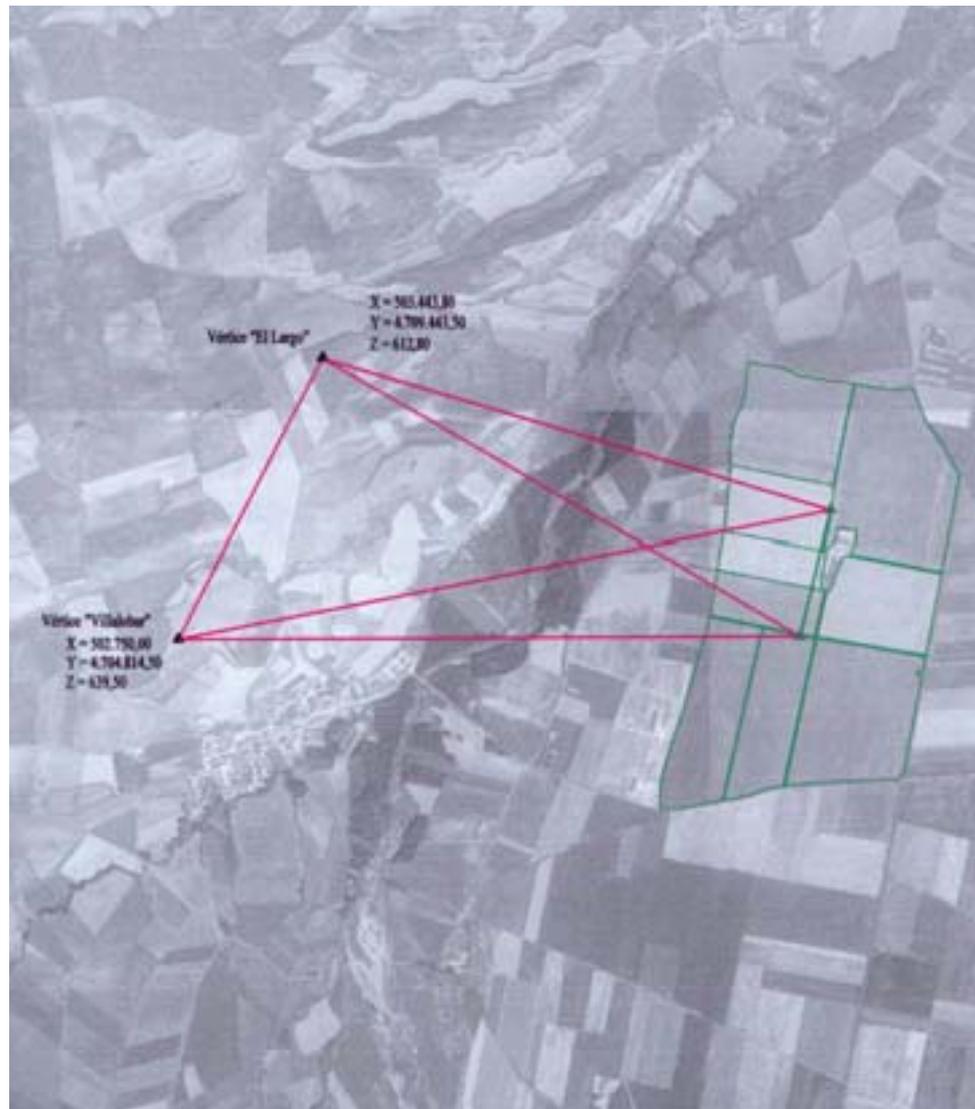


Fig. 6.41 - Métodos topográficos. Polígono 5. Escala 1:20.000.



El alcance máximo de las visuales está condicionado por las características del distanciómetro (e_d) y por el error máximo admisible derivado del error angular acimutal (e_a) [Dominguez, 1993].

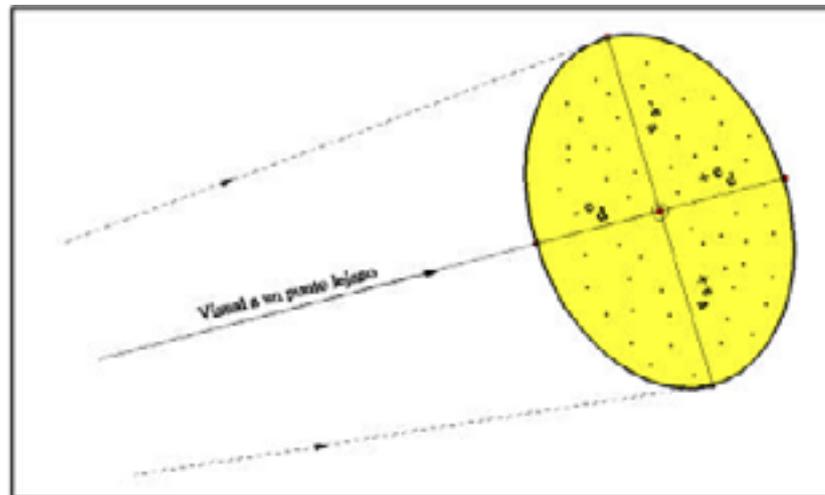


Fig. 6.42 - Elipse de error en el cálculo de la longitud máxima de las visuales.

Este último viene afectado por los cuatro errores típicos de un teodolito: error de verticalidad, error de dirección, error de puntería y error de lectura. Para el equipo utilizado estos valores son:

$$e_a = \sqrt{e_v^2 + e_d^2 + e_p^2 + e_l^2}$$

$$e_v = \text{error de verticalidad} = \frac{1}{12} s'' = \frac{1}{12} * 30'' = 2.5''$$

$$e_d = \text{error de dirección} = \frac{e_e + e_s}{D} * 206265'' = \frac{0.04}{600} * 206265'' = 13.8''$$

$$e_p = \text{error de puntería} = \frac{10''}{A} \left[1 + \frac{4A}{100} \right] = \frac{10''}{30} * \left[1 + \frac{4 * 30}{100} \right] = 0.7''$$

$$e_l = \text{error de lectura} = \frac{2}{3} \text{apreciación} = \frac{2}{3} * 15'' = 10''$$

Con las especificaciones técnicas del aparato utilizado descritas en apartados anteriores y las condiciones de trabajo desarrolladas en la práctica, el error máximo angular admisible es de:

$$e_a = \sqrt{e_v^2 + e_d^2 + e_p^2 + e_l^2} = \sqrt{2.5^2 + 13.8^2 + 0.7^2 + 10^2} = 17''$$



Este error angular es superior a la precisión angular definida en las especificaciones técnicas. Adoptaremos este valor calculado, para mayor seguridad. Admitiendo una desviación en el posicionamiento de un punto de 10 cm. como máximo, la distancia máxima de la visual desde una estación para que a consecuencia del error angular no se supere este valor sería:

$$\text{Longitud máxima de la visual}_\alpha = \frac{0,1m * 206265}{17} = 1.213m$$

La precisión en la medida de distancias, según las especificaciones técnicas del distanciómetro, es de +/- (2 mm.+2ppm). Esto supone unos 4 mm. por Km. en condiciones óptimas. Para las condiciones normales de trabajo de campo admitiremos un error máximo genérico en la medida de una distancia del 0,05 ‰, es decir, 5 cm. por Km.

En todo caso, tanto en distancias como en ángulos, el levantamiento se ha realizado dentro de los márgenes de longitud de visual admitidos, ya que las visuales lanzadas a los puntos del levantamiento fueron menores a 1.200 m. Con ello, se asegura que la precisión en el posicionamiento de cualquier punto está dentro del margen de los 10 cm. que inicialmente se había tomado como objetivo.

Como resumen general del levantamiento topográfico realizado, decir que se han tomado 914 puntos por radiación, para un total de 115 fincas agrícolas y sobre una superficie total de 202 Has. de terreno rústico. Para la primera zona, (polígonos 2 y 3), las fincas tenían un tamaño medio de 1,0 Ha. y la densidad de puntos ha sido de 6 puntos/Ha. Para la segunda zona (polígono 5), caracterizada por tener parcelas de mayor tamaño, las fincas levantadas tenían una superficie media de 9,8 Has. y la densidad de puntos ha sido de 3 puntos/Ha.



6.3.7 Definición de los errores en la superficie catastral.

En esta Tesis, se va a estudiar la precisión con que se obtiene la superficie catastral de las parcelas de rústica por digitalización de ortofotografías digitales, en comparación fundamentalmente con la superficie agraria deducida del levantamiento topográfico individual de cada parcela. Se debe tender a que estas dos superficies sean lo más parecidas posible. Sin embargo, en el proceso de digitalización en pantalla de las ortofotos, intervienen multitud de factores y condicionantes que generan diferencias entre ambos conceptos. Las distintas variantes en el tipo de ortofotografía digital (resolución, factor de compresión, ...) o en el proceso de digitalización (niveles de zoom, tamaño de parcelas, ...), ofrecen todavía mayor variabilidad en los resultados de la superficie catastral rústica.

Al concepto básico de *error superficial absoluto* entre la superficie catastral obtenida por digitalización para una parcela y su superficie agraria obtenida por levantamiento topográfico, se incorporan otros, tal vez más sofisticados, pero que van a ser de gran utilidad para la elaboración de las conclusiones finales de esta Tesis.

Las superficies, tanto las catastrales como las agrarias, provienen de la planimetría de los perímetros que definen las parcelas rústicas. Es precisamente esta falta de coincidencia en los perímetros la que genera las diferencias en las superficies. Cuando se digitaliza, lo que se está definiendo es el perímetro de la parcela y a través de él, se deduce la superficie. En la digitalización en pantalla, se van dando puntos a lo largo de los linderos de las parcelas y estos, unidos por medio de una línea poligonal cerrada, constituyen la parcela catastral. Para el cálculo de la superficie de estos polígonos cerrados, los programas informáticos utilizan la fórmula de Gauss:

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [x_i (y_{i-1} - y_{i+1})] , \text{ donde "n" es el número de vértices}$$

Error superficial absoluto. [ESA]

Para una parcela, se define como la diferencia entre la superficie catastral obtenida por digitalización en pantalla y su superficie agraria, obtenida por levantamiento topográfico en el terreno. Se expresará en m^2 y no es un valor excesivamente significativo, ya que su importancia depende de lo grande o pequeña que sea la parcela. En la digitalización se pretende que este valor tienda a cero.

$$\text{Error superficial absoluto} = \text{Superficie Catastral} - \text{Superficie Agraria}$$

En la figura siguiente, se intenta representar el origen de los errores superficiales absolutos entre la superficie catastral derivada de la digitalización (línea roja) y la superficie agraria deducida del levantamiento topográfico (línea negra).

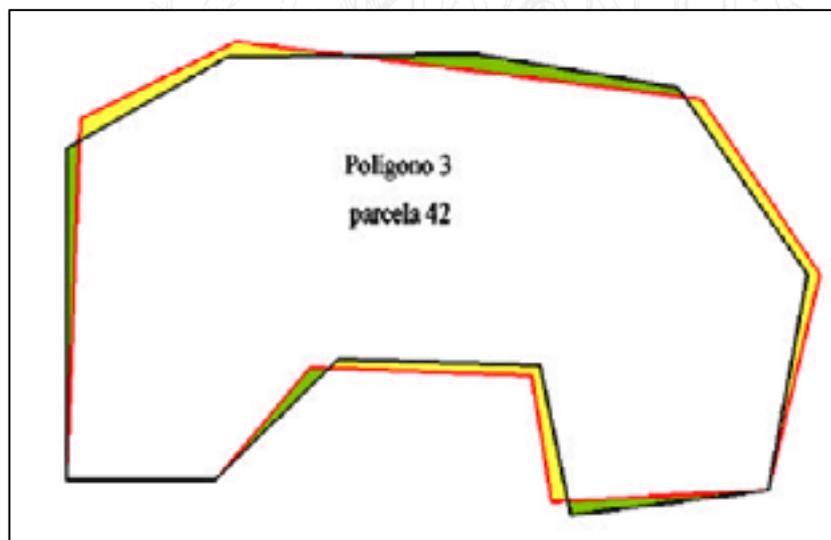


Fig. 6.43 - Origen del Error Superficial Absoluto.

El polígono rojo, define una superficie de $1.472 m^2$ y el polígono negro $1.456 m^2$. Existe una amplia zona blanca interior, que es común a ambas superficies, que representa $1.409 m^2$ (96 %) y que en principio no interviene en el valor del error superficial absoluto. Las zonas coloreadas de amarillo (zonas de superficie digitalizada que exceden de la superficie agraria) y de verde (zonas de superficie agraria que exceden de la superficie



digitalizada) son las causantes del error. Las primeras suponen 63 m² (4,3 %) y las segundas 47 m² (3,3 %). El error superficial absoluto corresponde a la diferencia entre ambas zonas amarilla y verde, es decir, 16 m², que coincide con la diferencia entre ambas superficies, la digitalizada y la agraria.

Obsérvese, que en sentido estricto, el error cometido es la suma de las zonas amarilla y verde, ya que considerando como buena la superficie levantada en campo por métodos topográficos, la zona amarilla sería terreno “robado” a las fincas colindantes y la zona verde sería terreno “cedido”. Ambos son pues, causa del error final y en su conjunto (110 m²) representan un 7,5 % de la superficie total de la parcela.

Así pues, hay que admitir que la expresión dada para el error superficial absoluto, está enmascarando un error en la digitalización mucho mayor y no está teniendo en cuenta la posición absoluta de los vértices de ambos tipos de superficies. No obstante, como en esta Tesis no se analiza directamente la calidad posicional de la digitalización sobre ortofotografía sino la calidad superficial, hemos de tomar como buena la expresión inicialmente dada, pero en todo momento, se debería ser consciente de que el error final procede de unos errores por defecto y otros por exceso que se compensan en parte.

Error superficial relativo [ESR]

Se define como la relación entre el error superficial absoluto y la superficie agraria de la parcela, expresado en porcentaje.

$$\text{Error superficial relativo}(\%) = \frac{\text{Superficie Catastral} - \text{Superficie Agraria}}{\text{Superficie Agraria}} * 100$$

Así, en el ejemplo anterior, se habría cometido en la digitalización un error superficial relativo de +1,1 %. Es un parámetro que permite la comparación entre los valores en distintas situaciones (por polígonos



parcelarios, fincas grandes/fincas pequeñas, digitalización 0,25/digitalización 1, ...) por lo que será muy utilizado en el Estudio Estadístico del Capítulo 7.

Obsérvese, que el error superficial relativo puede adoptar signo positivo o negativo, en función de los valores de las superficies catastral y agraria. Para cada parcela existirá un valor de error superficial relativo que indicará la precisión con la que se está obteniendo su superficie catastral a través de la digitalización en pantalla y si éste es por exceso o por defecto.

Error superficial relativo medio [ESRM]

Cuando se estudian un conjunto de parcelas sometidas a un proceso de digitalización en pantalla, suele interesar conocer el error superficial relativo medio, que se define algebraicamente como:

$$\text{Error superficial relativomedio} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\text{Superficie Catastral}_i - \text{Superficie Agraria}_i}{\text{Superficie Agraria}_i} \right]$$

Es un valor también poco significativo, ya que en él se compensan en gran parte los errores superficiales relativos positivos con los negativos y cuando “n” es suficientemente grande tiende a ser cero. En el caso de digitalización de fincas rústicas dentro de un polígono parcelario viene a expresar el error superficial relativo del polígono completo, sin considerar las parcelas individuales.

En definitiva, se trata de la media de los errores superficiales relativos, considerando el signo. Para evitar esta falta de significación, se suele recurrir a calcular la desviación típica o la varianza de los errores superficiales relativos, que da una idea general de la dispersión de los valores y es un parámetro mucho más comparable. Otra posibilidad para calcular la media, es utilizar el valor absoluto de los errores superficiales relativos, que es un importante parámetro usado en el estudio estadístico posterior y que se describe como parámetro independiente.



Valor Absoluto del Error Superficial Relativo.

Expresa el error superficial relativo, independiente del signo. Cuando se tiene un conjunto de parcelas, cada una con un error superficial relativo y se quiere tener referencia del error superficial relativo medio del conjunto de parcelas, es mucho más significativo considerar los valores absolutos de los citados errores. La media de estos valores absolutos, representará el error superficial relativo medio por exceso o por defecto en el conjunto de parcelas considerado.

La media de los valores absolutos de los errores superficiales relativos, se expresará como:

$$\text{Error superficial relativo medio de los valores absolutos} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\text{Superficie Catastral}_i - \text{Superficie Agraria}_i}{\text{Superficie Agraria}_i} \right|$$

Viene a definir el error superficial relativo que se cometerá en más o en menos al digitalizar una parcela en unas condiciones determinadas. Es, por tanto, un buen parámetro para realizar comparaciones entre métodos de digitalización o entre calidades de distintos materiales ortofotográficos.

Indice del Error Superficial del Lindero [IESL] o Indice de Indeterminación del Lindero [IIL]

Hasta ahora, han sido descritos unos errores que podríamos calificar como tradicionales, ya que son los que normalmente se consideran para analizar la calidad de una digitalización con fines catastrales. Todos ellos tienen en cuenta la parcela agrícola en todo su conjunto.

Sin embargo, de la figura 6.43 se deduce que en una parcela existe una gran parte de su superficie coincidente entre la superficie catastral y la agraria y que por tanto no interviene en los errores superficiales. Tan solo una pequeña banda de terreno en torno a los límites de la parcela es en la que se producen los errores y la que determina el error final absoluto.



Por ello, se ha considerado interesante en esta Tesis, analizar un parámetro diferente, el Índice del Error Superficial del Lindero, que relaciona el error superficial absoluto de una parcela, con su perímetro. Así, para una parcela determinada, este parámetro se expresará como:

$$\text{Índice del Error Superficial del Lindero} = \frac{\text{Superficie Catastral}_i - \text{Superficie Agraria}_i}{\text{Perímetro de la Superficie Agraria}_i}$$

Este índice quedará expresado en metros lineales y viene a representar la distancia en metros que define la imprecisión o indeterminación del lindero como consecuencia de errores en la digitalización. Es bastante más significativo que los errores superficiales anteriormente considerados ya que pone de manifiesto con mayor énfasis los errores superficiales absolutos en la zona en que se producen, es decir, resalta las consecuencias de una digitalización defectuosa a lo largo de los límites de la parcela.

Como se observa, puede tomar valores positivos o negativos. Cuando los índices son positivos significa que la línea de digitalización tiende a realizarse hacia afuera de los límites de la parcela y como media, a la distancia que indica dicho índice. Cuando el índice es negativo la línea de digitalización tiende a trazarse por dentro de los límites de la parcela.

Al estudiar este parámetro para un conjunto de parcelas, vuelven a surgir las mismas cuestiones que para los errores superficiales relativos. Se puede obtener un Índice medio del Error Superficial del Lindero considerando los signos o sin considerarlos. La ventaja de considerar los signos es que se pueden ver tendencias hacia uno u otro lado y estudiar las causas que las provocan.

Pero lo más racional es obtener un índice medio de indeterminación del lindero del conjunto de parcelas, con la expresión siguiente:

$$\text{Índice Medio de Indeterminación del Lindero} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\text{Superficie Catastral}_i - \text{Superficie Agraria}_i}{\text{Perímetro de la Superficie Agraria}_i} \right|$$



Todos los errores e índices descritos anteriormente se han desarrollado poniendo como ejemplo la comparación entre la superficie catastral y la agraria. Pero en esta Tesis, se van a analizar otras variables y a realizar igualmente comparaciones entre ellas, que pondrán de manifiesto nuevos errores superficiales. El cálculo de los parámetros e índices comentados para estas otras variables será de gran utilidad para la obtención de los resultados y conclusiones generales finales.

6.3.8 Metodología en el estudio estadístico

Aunque el estudio básico que se plantea en esta Tesis gira en torno a la determinación de los errores en la digitalización de parcelas sobre ortofotografía digital en comparación con la superficie agraria obtenida por levantamiento topográfico en el terreno, en el proceso de renovación catastral rústica intervienen otros muchos factores. Así, es interesante considerar también la calidad de las bases de datos catastrales existentes, la de los planos catastrales disponibles, los distintos resultados en función de la resolución de la ortofoto, la influencia del nivel de zoom durante la digitalización, el efecto positivo o negativo de la compresión de las imágenes, la influencia del tamaño de la parcela en los resultados de la digitalización, etc.

Por ello, se van a desarrollar en el siguiente Capítulo, una serie de estudios estadísticos, que considerados independientemente, pondrán de manifiesto los errores superficiales consecuencia de los factores que intervienen. Considerados en su conjunto, potenciarán las conclusiones obtenidas en relación con el significado de la superficie catastral rústica y el nivel de precisión con que se obtiene este valor en los procesos normales de renovación catastral.

Los análisis estadísticos que se van a realizar son los que figuran en la siguiente lista:



1. Comprobación del grado de concordancia entre la Base de Datos de Catastro y la superficie deducida de la digitalización de los propios planos catastrales.
2. Determinar la relación entre la superficie agraria de las parcelas obtenida por levantamiento topográfico y las superficies existentes en la base de datos de Catastro o en los Planos catastrales.
3. Establecer la relación entre las superficies catastrales deducidas por digitalización en pantalla sobre ortofoto digital y las superficies existentes en la base de datos de Catastro o en los Planos catastrales.
4. Comprobar si las superficies catastrales digitalizadas en pantalla sobre ortofoto difieren significativamente de las superficies agrarias obtenidas por levantamiento topográfico en campo.
5. Determinar si se obtiene mayor precisión en la digitalización sobre ortofoto de 0,25 m/pixel, en lugar de hacerlo sobre ortofoto de 1 m/pixel.
6. Estudiar cómo influye el nivel de visualización de la ortofotografía durante la digitalización en pantalla, en la obtención de la superficie catastral.
7. Determinar las limitaciones en el uso de formatos comprimidos de imagen en la digitalización en pantalla de ortofotografías digitales.
8. Estudiar la influencia de las infraestructuras viales en los errores superficiales de las parcelas agrícolas.
9. Comprobar si los errores superficiales de las parcelas catastrales se distribuyen de igual manera en las fincas pequeñas y en las grandes.

Todos estos estudios, como ya fue comentado y justificado en apartados anteriores, se realizarán sobre parcelas rústicas en el término municipal de Baños de Rioja (La Rioja).



6.3.9 Flujo de trabajo

Como parte integrante de la metodología aplicada para el desarrollo de esta Tesis, se considera oportuno incluir un esquema general del trabajo seguido, desde la obtención de los datos hasta la obtención de resultados y conclusiones.

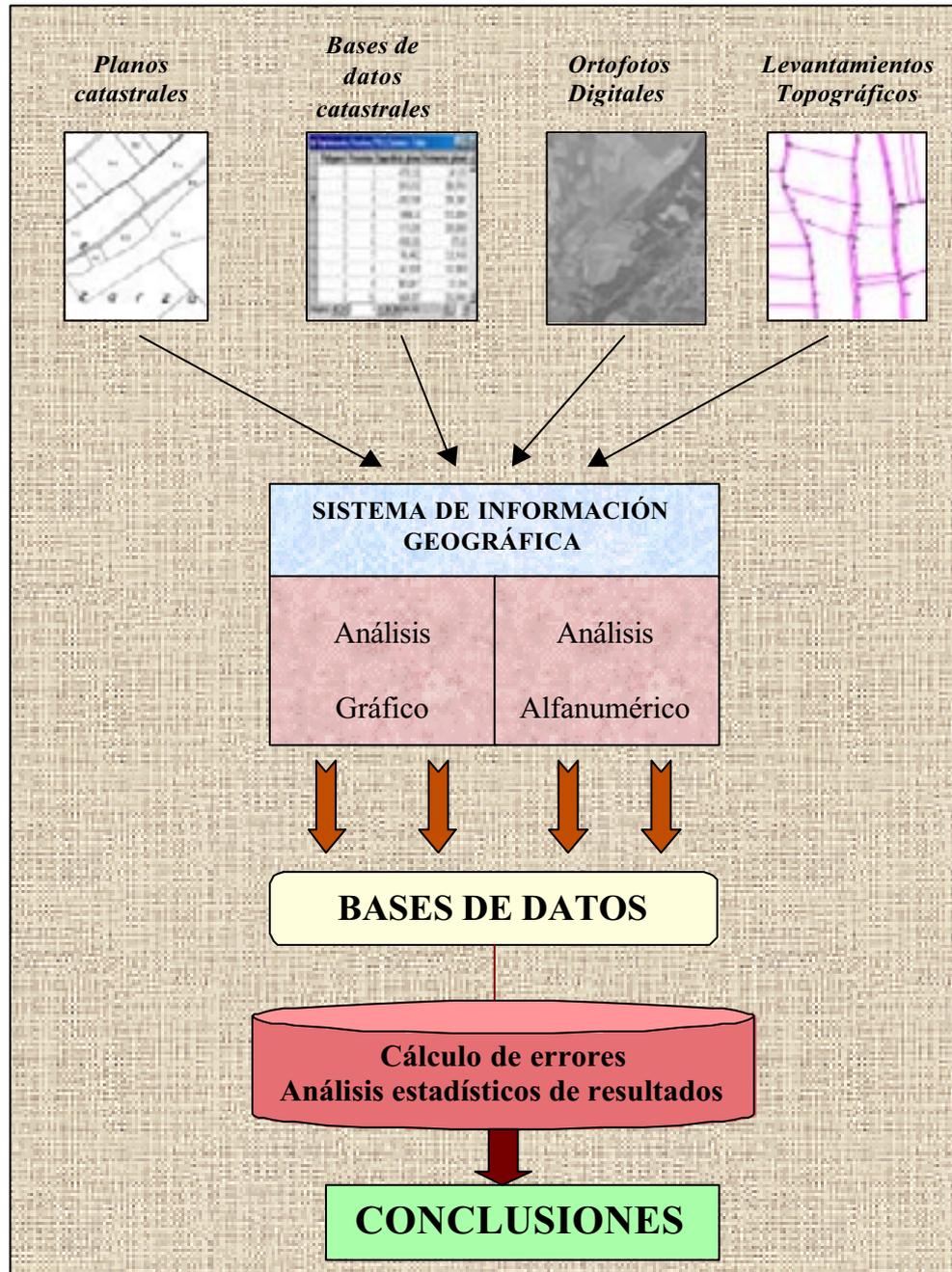
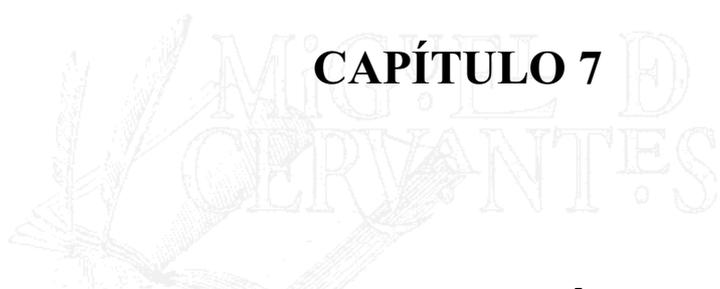


Fig. 6.44 - Flujo de trabajo en el desarrollo de la Tesis.

BIBLIOTECA VIRTUAL



CAPÍTULO 7

ESTUDIO ESTADÍSTICO



7.1 Introducción

En este Capítulo se van a analizar estadísticamente los resultados de la fase experimental de esta Tesis, la cual comprende diversos aspectos referentes a la digitalización de ortofotografías digitales en pantalla, digitalización de planos parcelarios en mesa digitalizadora, integración de ortofotografías en Sistemas de Información Geográfica, levantamientos topográficos de campo y gestión y análisis de los distintos materiales en el SIG.

Tras esta fase experimental, se cuenta con gran cantidad de datos e información que es preciso analizar si se quiere llegar a conclusiones fiables. Se pretende aplicar a estos datos los métodos estadísticos más apropiados, desde los puramente descriptivos (media, varianza, ...), hasta otros más complejos que pongan de manifiesto la significación de las diferencias encontradas entre las variables.

En el Capítulo anterior ya fue adelantada la metodología a seguir al realizar los distintos estudios estadísticos. Para cada uno de los objetivos que se planteen, habrá una fase de obtención de los datos, una preparación previa para su integración en el Programa SPSS[®], una fase de análisis estadístico propiamente dicho y una última fase de extracción de los resultados más significativos.

Como resumen de la importancia de los datos de partida, expresar que se va a trabajar con más de 150 variables estadísticas, la mitad de ellas obtenidas directamente de los procesos experimentales y la otra mitad, deducidas a partir de éstas. La base fundamental del trabajo va a consistir en analizar los errores superficiales, tanto absolutos como relativos, generados por los distintos procedimientos y/o materiales utilizados.

Se potenciará la inclusión de gráficos descriptivos para la representación de las distribuciones estadísticas de las variables, de forma que los resultados sean más comprensibles.



7.2 Variables en el desarrollo experimental

Una vez analizada la problemática de la revisión catastral rústica y detectadas las principales fuentes de error en la digitalización en pantalla de las ortofotografías digitales, estamos en condiciones de definir los objetivos sobre los que se aplicará el estudio estadístico. Las variables principales sobre las que se ha trabajado son:

- Superficie catastral obtenida por digitalización en mesa digitalizadora, de los planos topográficos parcelarios en soporte papel.
- Superficie catastral obtenida por digitalización en pantalla de ortofotografías digitales integradas en un SIG, a distintas resoluciones, con diferentes factores de compresión y a distintos niveles de zoom.
- Superficie catastral extraída de la Base de Datos de Catastro.
- Superficie agraria obtenida por levantamiento topográfico con Estación Total de las parcelas agrícolas.
- Errores superficiales absolutos y relativos procedentes de la comparación de las variables anteriores.
- Índices de Indeterminación del Lindero para los distintos procesos de digitalización en pantalla.

Estas variables han sido el fundamento para plantear los nueve objetivos que seguidamente se desarrollan y que ya fueron comentados brevemente en el Capítulo 6, en el apartado de *Metodología de los Estudios Estadísticos*.

El orden en la exposición de los objetivos, obedece únicamente al orden en que fueron abordados, sin que se debe buscar en ello otro razonamiento distinto al expresado. Tal vez el objetivo número 4 debiera haber ocupado un lugar más primordial ya que constituye el objetivo fundamental de esta Tesis.



7.2.1 OBJETIVO 1: Comprobación del grado de concordancia entre la Base de Datos de Catastro y la superficie deducida de la digitalización de los propios planos catastrales.

Se han digitalizado cuatro polígonos parcelarios completos, sobre mesa digitalizadora utilizando la cartografía catastral de rústica 1:2.000 del municipio de Baños de Rioja (La Rioja). Concretamente se ha trabajado sobre 500 parcelas catastrales, con 358 Has. de superficie total: 131 parcelas del polígono 2, 143 parcelas del polígono 3 y 63 del polígono 5. Se han obtenido las superficies catastrales deducidas del plano y se han comparado con las mismas superficies almacenadas en la base de datos de Catastro.

Los estadísticos descriptivos por polígonos y globalmente considerados han sido los siguientes:

Estadísticos descriptivos

Polígono	N	Minimo	Máximo	Suma	Media		Desv. tip.	Varianza	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico	
2	Superficie_base_datos_catastro	131	11	41350	868832	6556,97	611,45	6998,34	48976763,06
	Superficie_plano_catastro_digitalizado	131	14	43143	866596	6615,24	610,62	6988,86	48844099,90
3	Superficie_base_datos_catastro	143	330	19565	624140	4364,62	301,28	3602,79	12980124,91
	Superficie_plano_catastro_digitalizado	143	342	21323	627061	4385,04	305,15	3649,02	13316365,02
4	Superficie_base_datos_catastro	163	17	51383	591360	3627,98	543,40	6937,65	48131019,43
	Superficie_plano_catastro_digitalizado	163	17	50812	594211	3645,47	543,78	6942,47	48197913,53
5	Superficie_base_datos_catastro	63	25	219800	1509622	23962,25	6187,99	49115,67	2412348603
	Superficie_plano_catastro_digitalizado	63	26	216658	1492383	23688,63	6096,62	48390,43	2341634101

	N	Minimo	Máximo	Suma	Media		Desv. tip.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
Superficie_base_datos_catastro	500	11	219800	3583954	7167,91	864,71	19335,53	3,74E+08
Superficie_plano_catastro_digitalizado	500	14	216658	3580252	7160,50	853,13	19076,61	3,64E+08

Como se observa, los polígonos 2 y 3 presentan parcelas de tamaño intermedio, en torno a la media hectárea; el polígono 4 presenta parcelas más bien pequeñas, típicas de zonas de huerta junto a ríos; el polígono 5 presenta gran variabilidad, coexistiendo fincas muy grandes con fincas pequeñas.

Una vez definidos los estadísticos descriptivos, se procedió a la comparación de medias entre ambas variables, obteniéndose para un grado de confianza del 95 % los siguientes resultados:



ta

Prueba de muestras relacionadas

Polígono	Par 1	Superficie_base_datos_catastro - Superficie_plano_catastro_digitalizado	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
			Media	Desviación típ.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
						Inferior				Superior
2			-59,27	409,32	35,76	-130,02	11,49	-1,657	130	,100
3			-20,43	246,05	20,58	-61,10	20,25	-0,993	142	,322
4			-17,49	267,90	20,98	-58,93	23,95	-0,834	162	,406
5			273,63	853,80	107,57	58,60	488,65	2,544	62	,013

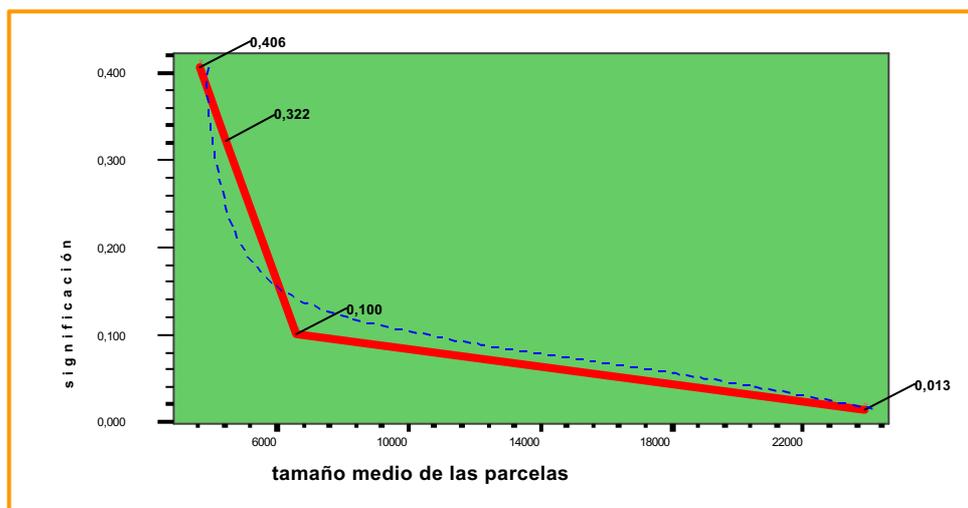
comparacion

Prueba de muestras relacionadas

Par 1	Superficie_base_datos_catastro - Superficie_plano_catastro_digitalizado	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
		7,40	430,45	19,25	-30,42	45,23	-0,385	499	,701

Se observa que las diferencias entre ambas variables, son ligeramente significativas al nivel del 90 % en el caso del polígono 2 y altamente significativas en el caso del polígono 5. En el polígono 3 y 4 las diferencias no son significativas. Consideradas todas las parcelas conjuntamente no puede decirse que haya diferencias significativas entre ambas variables.

Se da la circunstancia de que existe una significación creciente conforme aumenta el tamaño medio de la parcela. Cuando la superficie media de las parcelas supera los 6.500 m², las diferencias entre las variables empiezan a ser significativas.





Pero veamos qué sucede con la distribución de los errores superficiales relativos entre ambas variables:

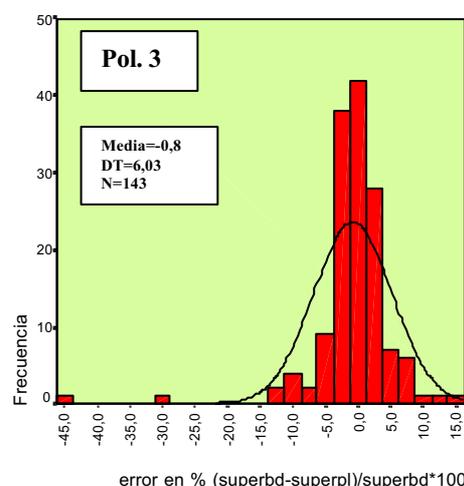
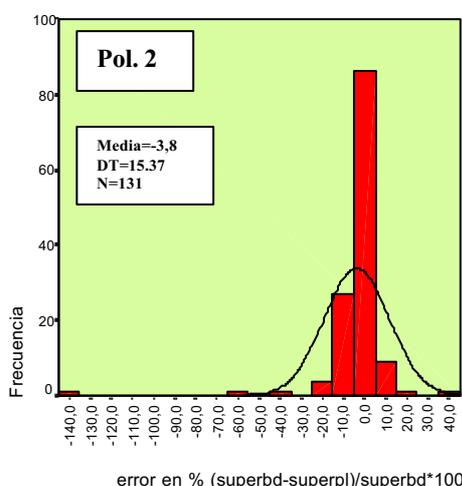
Estadísticos descriptivos

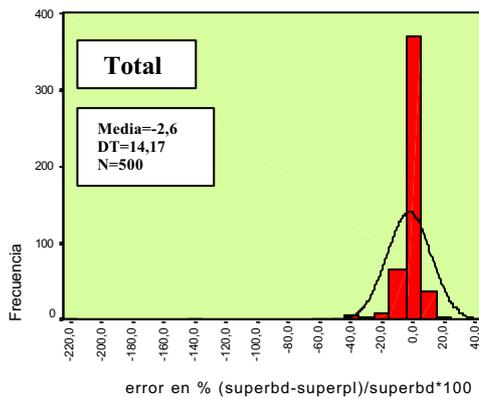
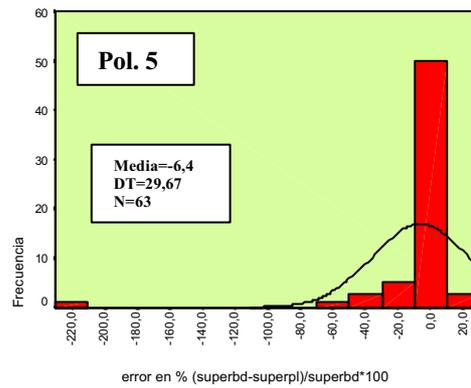
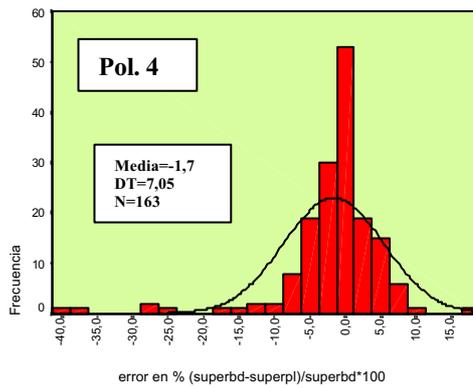
Polígono	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
2 error en % (superbd-superpl)/superbd*100	131	183,45	-144,38	39,07	-3,7690	1,3425	15,3655	236,099
3 error en % (superbd-superpl)/superbd*100	143	59,25	-45,30	13,95	-,7894	,5044	6,0323	36,388
4 error en % (superbd-superpl)/superbd*100	163	58,16	-40,20	17,96	-1,6669	,5518	7,0451	49,634
5 error en % (superbd-superpl)/superbd*100	63	240,12	-215,32	24,79	-6,4445	3,7376	29,6666	880,105

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
error en % (superbd-superpl)/superbd*100	500	254,40	-215,32	39,07	-2,5687	,6337	14,1696	200,777

Observando la tabla, se deduce que la dispersión de valores es mucho mayor en los polígonos 2 y 5, alcanzando valores de error superficial relativo de hasta 215 %. Todas las medias de los errores son negativas, tanto si consideramos los polígonos individualmente como en su conjunto, lo que quiere decir que hay una clara tendencia a que las superficies obtenidas por digitalización del plano sean mayores que las de la base de datos de Catastro.

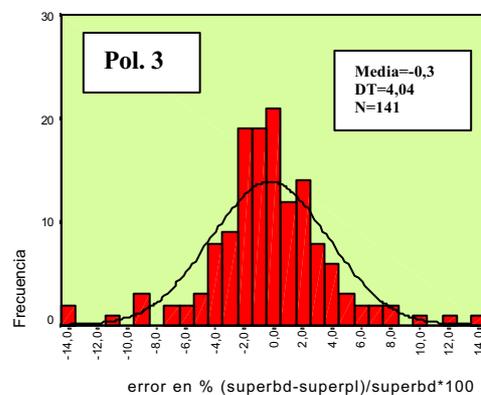
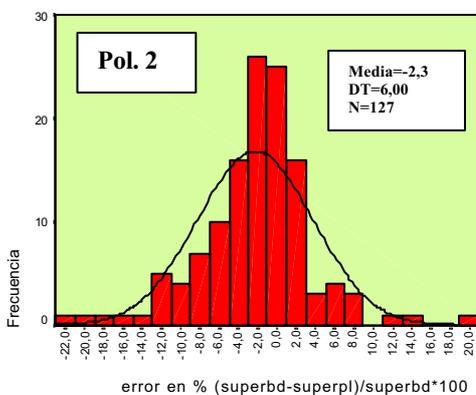
Para observar con más claridad estas deducciones, es conveniente adjuntar los gráficos de frecuencias en la distribución de errores superficiales:

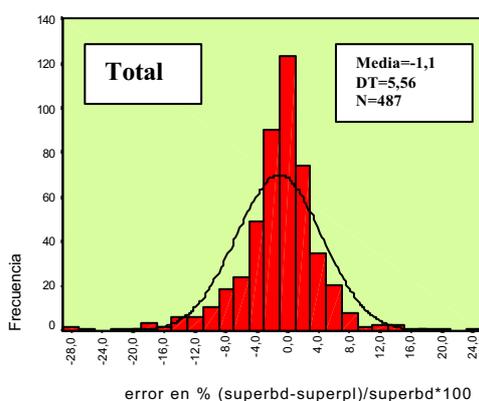
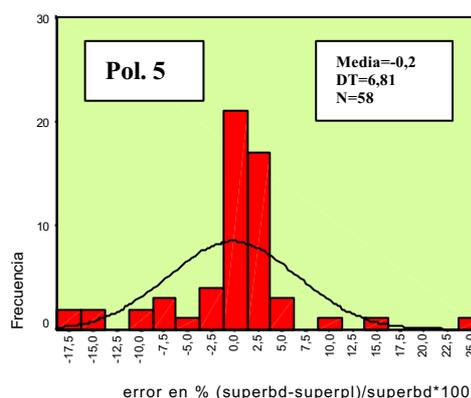
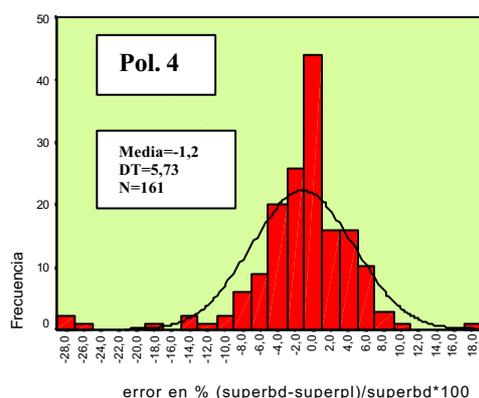




En los gráficos, se observa claramente la tendencia a generar valores negativos y la existencia de evidentes casos atípicos que desvirtúan el posible ajuste a una distribución de tipo normal de las frecuencias.

La influencia de estos casos atípicos en el conjunto de estadísticos descriptivos es elevada. Por ello, considerando que su origen está más en equivocaciones informáticas o de gestión que en errores de digitalización, se estima conveniente filtrar los valores eliminando los errores superficiales superiores al 30 %. Con lo que los gráficos de distribución de frecuencias quedarían:





En este caso, se observa un mejor ajuste de los valores a una distribución normal. Se siguen manteniendo las medias negativas, por lo que se puede confirmar la tendencia a que la superficie en el plano supere a la superficie de la base de datos.

Se han eliminado trece casos atípicos, lo que ha provocado un fuerte descenso en los valores de la desviación típica, especialmente en el polígono 5, pero se detectan rangos elevados entre el 4 y 6 %. Las medias de los errores superficiales relativos han pasado del -2,6 % al -1,1 %, valores que son bajos debido a la cierta simetría de la distribución de errores, que hace que se compensen en parte los positivos con los negativos.

Por ello, es interesante considerar el valor absoluto de los errores superficiales relativos, para poner de manifiesto el valor real de los errores existentes:

Estadísticos descriptivos

Poligono	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.	Varianza	
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
2	Valor absoluto del error	127	23,00	,00	23,00	4,4829	,4067	4,5828	21,002
3	Valor absoluto del error	141	13,93	,01	13,95	2,8373	,2428	2,8827	8,310
4	Valor absoluto del error	161	27,68	,00	27,68	3,7632	,3531	4,4805	20,075
5	Valor absoluto del error	58	24,73	,06	24,79	4,1626	,7045	5,3652	28,785

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
Valor absoluto del error	487	27,68	,00	27,68	3,7304	,1935	4,2692	18,226



De las tablas anteriores se deduce que las medias de los errores superficiales se encuentran entre el 2,8 % del polígono 3 y el 4,5 % del polígono 5, adoptando la media general de todas las parcelas un valor del 3,7 %.

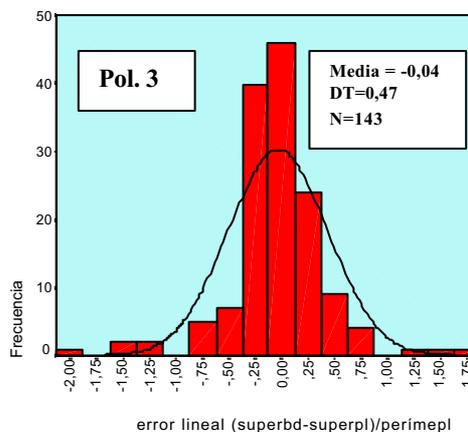
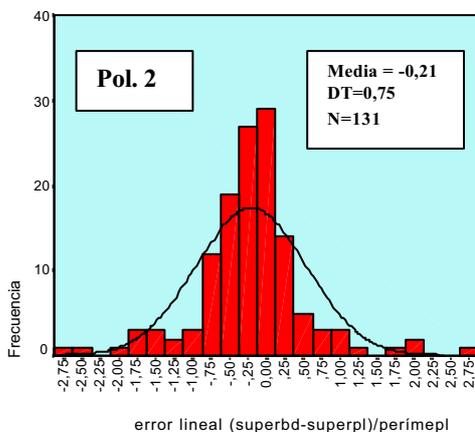
Hasta ahora, se ha considerado como variable de referencia el error superficial relativo. Vamos a analizar ahora qué sucede con el *Indice de Indeterminación del Lindero* al comparar la variables superficie de la base de datos y superficie del plano. Los estadísticos descriptivos resultantes son los siguientes:

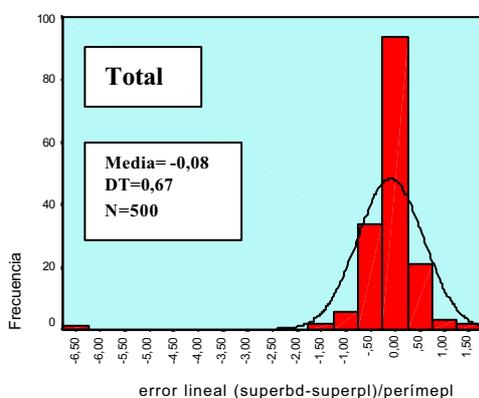
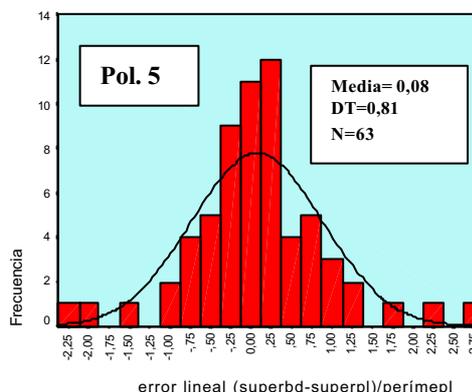
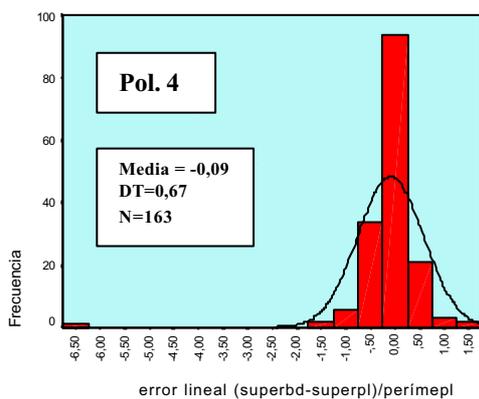
Estadísticos descriptivos

Polígono	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
2 error lineal (superbd-superpl)/perimepl	131	5,59	-2,72	2,86	-,2075	6,536E-02	,7480	,560
3 error lineal (superbd-superpl)/perimepl	143	3,87	-2,01	1,86	-3,738E-02	3,920E-02	,4688	,220
4 error lineal (superbd-superpl)/perimepl	163	8,22	-6,49	1,73	-8,751E-02	5,243E-02	,6694	,448
5 error lineal (superbd-superpl)/perimepl	63	4,95	-2,21	2,74	7,534E-02	,1015	,8057	,649

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
error lineal (superbd-superpl)/perimepl	500	9,36	-6,49	2,86	-8,408E-02	2,974E-02	,6650	,442

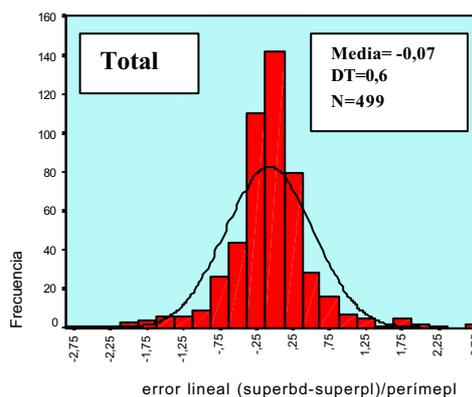
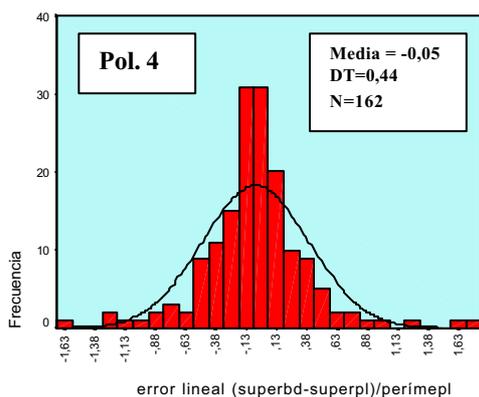
Se observa una distribución bastante centrada de los índices, excepto en el polígono 4, en el que aparecen valores negativos excesivamente elevados (-6,5 m.), seguramente por la existencia de casos muy atípicos. El rango de las medias de los índices va desde los 21 cm. negativos del polígono 2 hasta los 8 cm. positivos del polígono 5. Los gráficos de frecuencias de estos índices son los siguientes:





Se observa, en general, un mejor ajuste a una distribución normal de este índice respecto del ajuste de los errores superficiales relativos. Se detecta un caso extremadamente atípico en el polígono 4 y la inexistencia en el resto de valores superiores a 3 m.

de indeterminación del lindero. Un filtrado de valores utilizando este valor extremo, solo afectaría al gráfico del polígono 4 y al total, quedando:



La mayor dispersión de valores se da en el polígono 5, pero la desviación típica se mantiene bastante estable en todos los polígonos, en torno a los 0,5 m. La distribución tan centrada de valores, hace que las medias tiendan al valor cero, y ofrezcan poca significación, por lo que



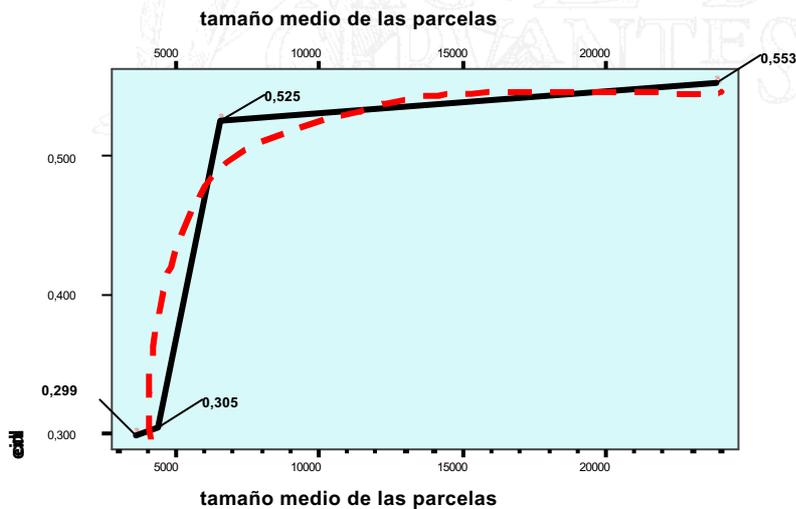
interesa obtener la distribución de los valores absolutos de los Índices de Indeterminación del Lindero, que reflejará mejor la importancia de este parámetro al relacionar ambas variables.

Estadísticos descriptivos

Polígono		N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.	Varianza
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
2	ABS((superbd-superpl)/perimepl]	131	2,86	,00	2,86	,5251	4,981E-02	,5701	,325
3	ABS((superbd-superpl)/perimepl]	143	2,00	,00	2,01	,3045	2,990E-02	,3575	,128
4	ABS((superbd-superpl)/perimepl]	162	1,73	,00	1,73	,2992	2,568E-02	,3268	,107
5	ABS((superbd-superpl)/perimepl]	63	2,74	,00	2,74	,5525	7,397E-02	,5871	,345

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
ABS((superbd-superpl)/perimepl]	499	2,86	,00	2,86	,3920	2,060E-02	,4601	,212

El Índice de Indeterminación del Lindero medio va desde los 30 cm. para el polígono 4 hasta los 55 cm. del polígono 5, dándose la circunstancia de que dicho índice aumenta al aumentar el tamaño medio de las parcelas. La media general de este índice para las parcelas consideradas es de 39 cm.



A la vista de todo lo anterior, se podría concluir que para las condiciones de parcelación y de mantenimiento del Catastro de este municipio (Catastro de rústica sin informatizar, planos en papel), cuando se plantee un conflicto entre el valor de la superficie catastral y la superficie deducida del plano de Catastro, no se deberían buscar mayores precisiones de un 4 % del valor de la superficie, ni más de 0,5 m. en la posición física de un lindero. La propia Base de Datos de Catastro tiene esa inconsistencia respecto de los Planos Catastrales y viceversa.



7.2.2 OBJETIVO 2: Determinar la relación entre la superficie agraria de las parcelas obtenida por levantamiento topográfico y las superficies existentes en la base de datos de Catastro o en los Planos catastrales.

En los municipios en los que no se han llevado a cabo procesos de renovación catastral rústica, la Base de datos de Catastro no tiene una correspondencia exacta en cuanto a superficies con los Planos Catastrales. Esto ha quedado claramente demostrado en el apartado anterior para el municipio de Baños de Rioja (La Rioja). Las superficies agrarias de las fincas rústicas serán diferentes a las superficies catastrales de la base de datos del Catastro y a la de los planos catastrales. En este apartado, pretendemos averiguar qué relación existe entre estas tres variables:

- superficie agraria obtenida por levantamiento topográfico
- superficie catastral de la base de datos de Catastro.
- superficie deducida de la digitalización del Plano catastral.

El ensayo se ha realizado con 115 parcelas distribuidas entre los polígonos 2, 3 y 5, intentando abarcar la mayor tipología de parcelas para dar mayor fiabilidad a los resultados. Los estadísticos descriptivos de las tres variables consideradas, para estas parcelas son:

Estadísticos descriptivos

Poligono	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desv. típ.	
2	Superficie medida en campo	41	887	30276	421416	10278,44	6542,06
	Superficie en la base de datos	41	860	31030	418941	10218,07	6674,88
	Superficie en el plano de catastro	41	853	31488	425098	10368,24	6720,37
3	Superficie medida en campo	64	616	54523	624979	9765,30	9891,36
	Superficie en la base de datos	64	800	54333	622320	9723,75	9799,11
	Superficie en el plano de catastro	64	746	54003	625246	9769,47	9841,57
5	Superficie medida en campo	10	183	221032	977360	97736,00	90720,86
	Superficie en la base de datos	10	143	219800	976717	97671,70	91417,73
	Superficie en el plano de catastro	10	169	216658	964730	96473,00	89915,74

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desv. típ.
Superficie medida en campo	115	183	221032	2023755	17597,87	36549,94
Superficie en la base de datos	115	143	219800	2017978	17547,63	36678,46
Superficie en el plano de catastro	115	169	216658	2015074	17522,38	36146,56

La superficie total levantada ha sido de 202 Has. y las superficies medias de las parcelas van desde 1 Ha. para los polígonos 2 y 3 hasta las 10 Has. para el polígono 5.



Las comparaciones han de hacerse, por un lado, entre la superficie medida en campo y la de la base de datos y, por otro, entre la superficie medida en campo y la del plano de Catastro. Las diferencias entre medias de las parejas de variables a estudiar presentan la siguiente significación, a un nivel de confianza del 95 %:

Prueba T de muestras relacionadas

Poligono			Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
			Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
						Inferior				Superior
2	Par 1	Superficie medida en campo - Superficie en la base de datos	60,37	520,97	81,36	-104,07	224,81	,742	40	,462
	Par 2	Superficie medida en campo - Superficie en el plano de catastro	-89,80	663,92	103,69	-299,36	119,76	-,866	40	,392
3	Par 1	Superficie medida en campo - Superficie en la base de datos	41,55	649,64	81,20	-120,73	203,82	,512	63	,611
	Par 2	Superficie medida en campo - Superficie en el plano de catastro	-4,17	612,14	76,52	-157,08	148,74	-,055	63	,957
5	Par 1	Superficie medida en campo - Superficie en la base de datos	64,30	9438,31	2984,66	-6687,46	6816,06	,022	9	,983
	Par 2	Superficie medida en campo - Superficie en el plano de catastro	1263,00	8635,90	2730,91	-4914,75	7440,75	,462	9	,655

			Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
			Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
						Inferior				Superior
Par 1	Superficie medida en campo - Superficie en la base de datos	50,23	2713,18	253,01	-450,97	551,44	,199	114	,843	
Par 2	Superficie medida en campo - Superficie en el plano de catastro	75,49	2527,18	235,66	-391,35	542,33	,320	114	,749	

Como se observa, ninguna de las comparaciones entre medias resulta ser significativa. Lo cual no quiere decir que no haya diferencias entre ellas y estas diferencias las vamos a estudiar en forma de errores superficiales relativos y por medio del denominado Índice de Indeterminación del Lindero.

Comenzaremos por comparar la superficie de los levantamientos topográficos con la superficie de la base de datos de Catastro. Los estadísticos descriptivos para los errores superficiales relativos de esta pareja de variables son:

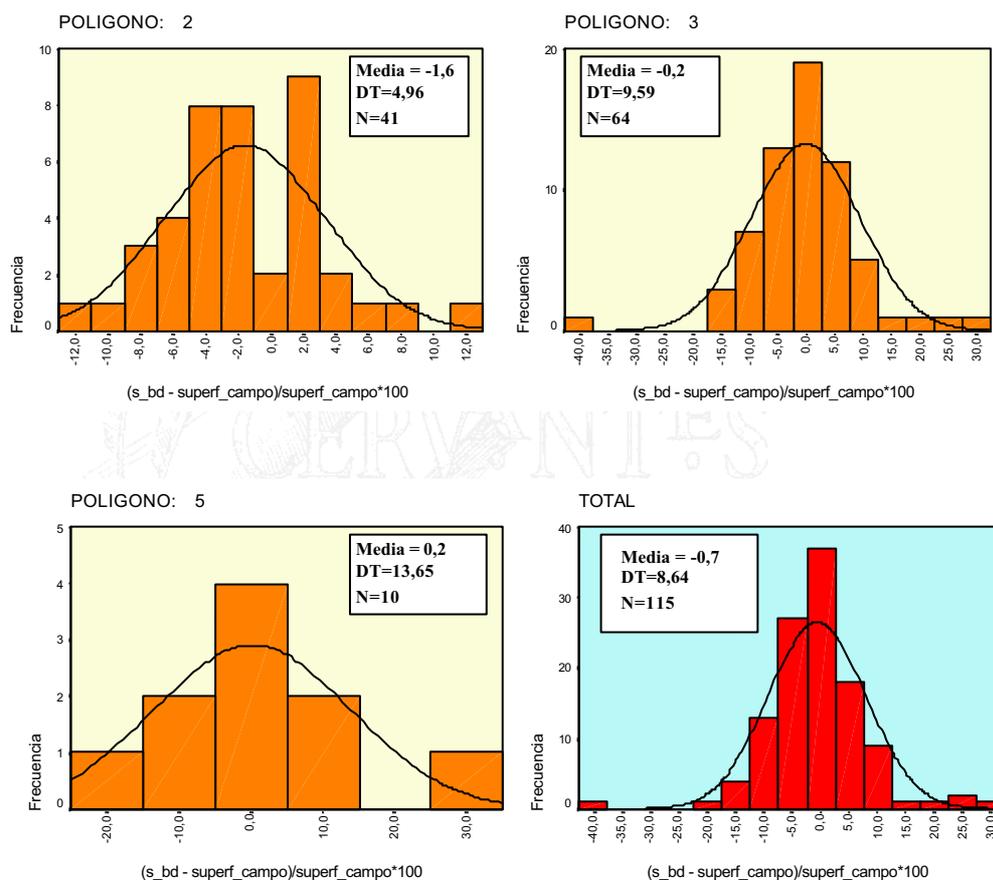
Estadísticos descriptivos

Pol.	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. tip.	
						Estadístico	Error típico		
2	(s_bd_3 - superf_3)/superf_3*100	41	24,05	-12,82	11,22	-65,62	-1,6004	,7745	4,9595
3	(s_bd_3 - superf_3)/superf_3*100	64	68,55	-38,68	29,87	-11,87	-,1855	1,1992	9,5933
5	(s_bd_3 - superf_3)/superf_3*100	10	48,82	-21,86	26,96	1,85	,1847	4,3167	13,6505

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. tip.
						Estadístico	Error típico	
(s_bd_3 - superf_3)/superf_3*100	115	68,55	-38,68	29,87	-75,64	-6577	,8060	8,6433



Los errores superficiales relativos presentan una mayor dispersión en el polígono 3, aunque en general están bastante bien centrados. Las medias de estos errores superficiales relativos tienden a ser ligeramente negativas, es decir, la superficie medida en campo tiende a ser mayor que la reflejada en la base de datos. Los gráficos de distribución de frecuencias han resultado ser los siguientes:



La distribución de errores superficiales relativos se ajusta bastante bien a una distribución normal de frecuencias, aunque en el polígono 2 existe una cierta variabilidad interna. Solamente se detecta un caso atípico con error superficial relativo mayor del 30 % en el polígono 3.

La media global del error superficial relativo es de $-0,7\%$, dato que enmascara los verdaderos errores superficiales relativos cometidos a nivel de parcela individual, ya que los valores positivos tienden a compensarse con los negativos.



Por ello, analizaremos a continuación las medias de los valores absolutos de los errores superficiales relativos, que nos dan una idea más real de dichos errores. Sus estadísticos descriptivos son:

Estadísticos descriptivos

Pol.		N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
2	ABS [(s_bd_3 - superf_3)/superf_3*100]	41	12,65	,17	12,82	4,2567	,4593	2,9411
3	ABS [(s_bd_3 - superf_3)/superf_3*100]	64	38,34	,34	38,68	6,5311	,8726	6,9810
5	ABS [(s_bd_3 - superf_3)/superf_3*100]	10	26,40	,56	26,96	9,9471	2,7647	8,7428

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
ABS [(s_bd_3 - superf_3)/superf_3*100]	115	38,51	,17	38,68	6,0172	,5795	6,2144

Los valores medios de los errores superficiales relativos están entre el 4,3 % y 6,5 % para los polígonos 2 y 3 respectivamente y un 9,9 % para las parcelas del polígono 5. Vuelve a reflejarse un mayor error para los polígonos con parcelas de gran tamaño. El error medio global está en torno al 6 %, lo que significa que este es el error que con más probabilidad se puede esperar encontrar al comparar la superficie obtenida por levantamiento topográfico de una parcela con la superficie de la base de datos de Catastro en este municipio.

Analicemos ahora lo que sucede con el *Índice de Indeterminación del Lindero*, para estas mismas 115 parcelas. Los estadísticos descriptivos para este índice son:

Estadísticos descriptivos

Polígono		N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
2	(s_bd - s_campo)/perimetro	41	4,26	-2,49	1,77	-,2723	,1480	,9480
3	(s_bd - s_campo)/perimetro	64	8,51	-3,50	5,01	1,700E-02	,1671	1,3368
5	(s_bd - s_campo)/perimetro	10	20,92	-10,30	10,62	8,777E-02	1,6426	5,1945

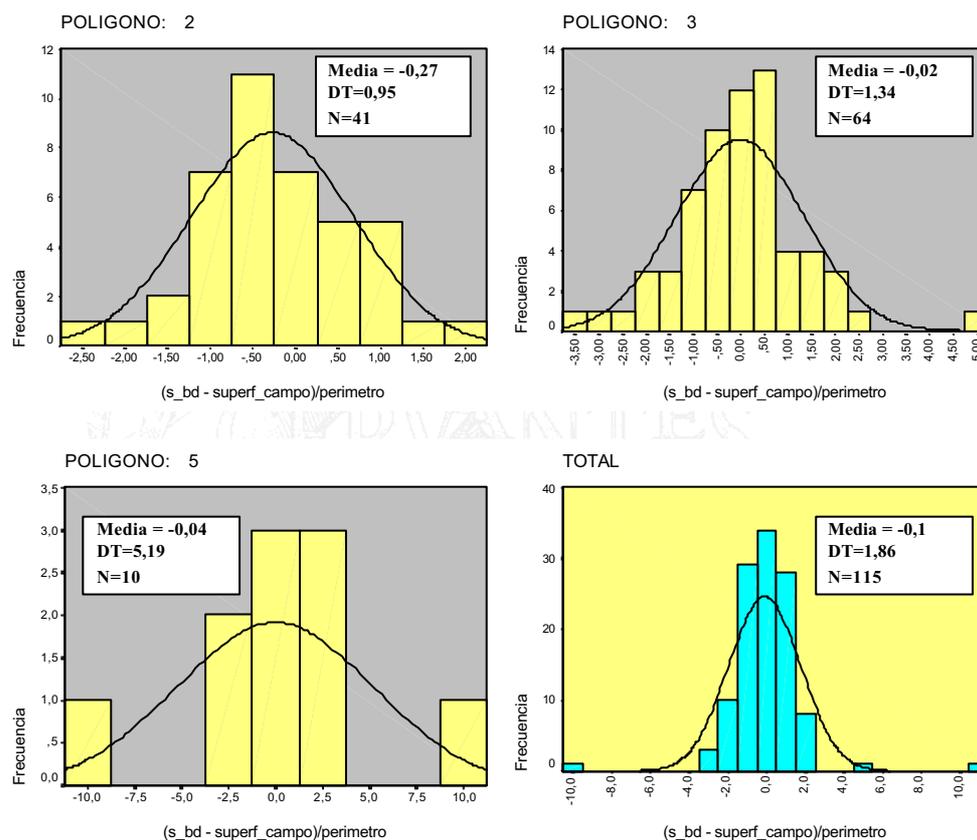
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
(s_bd - s_campo)/perimetro	115	20,92	-10,30	10,62	-,1098	,1732	1,8569

Se observa un elevado rango en el polígono 5, caracterizado por parcelas grandes, a la vez que presenta una destacada desviación típica. Las medias tienden a anularse, excepto en el polígono 4, en que el IIL es de



-0,27 m. La media global del IIL es negativa, -0,11 m, lo cual significa que predominan las parcelas en las que la superficie del levantamiento topográfico en campo supera a la superficie de Catastro.

La distribución de frecuencias de los Indices muestra más claramente la dispersión de valores:



Se observan dos casos bastante atípicos en el polígono 5, que son los causantes de la excesiva dispersión, pero están simétricamente dispuestos por lo que su efecto en la media se disipa. También aparece un caso aislado con 5 m. de ILL en el polígono 3, que hace aumentar su grado de dispersión. El resto de valores se distribuye muy uniformemente siguiendo el aspecto de una distribución normal en términos generales.

En el último gráfico se observa cómo la mayoría de valores queda comprendido entre un IIL de -1,5 m y +1,5 m.



Considerando el valor absoluto de los índices, pondremos de manifiesto los verdaderos errores de indeterminación de los linderos. Sus estadísticos descriptivos son:

Estadísticos descriptivos

Poligono	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
2 ABS [(s_bd - s_campo)/perimetro]	41	2,46	,03	2,49	,8139	8,492E-02	,5438
3 ABS [(s_bd - s_campo)/perimetro]	64	4,91	,10	5,01	,9712	,1138	,9106
5 ABS [(s_bd - s_campo)/perimetro]	10	9,99	,64	10,62	3,3375	1,2086	3,8220

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
ABS [(s_bd - s_campo)/perimetro]	115	10,59	,03	10,62	1,1209	,1381	1,4808

Los Índices de Indeterminación del Lindero medios en valor absoluto, son muy similares en los polígonos 2 y 3, muy próximos al metro y se disparan hasta los 3,3 m. en el polígono 5. Los errores superficiales absolutos en este polígono son muy elevados y esto provoca una indeterminación del lindero muy alta. La superficie media de las fincas rústicas en el polígono 5 es 10 veces superior al de las parcelas del polígono 2 y 3, y su IIL multiplica por cuatro el de éstas. Como media general, adoptaremos un valor para el Índice de Indeterminación del Lindero en esta zona, de 1,1 m.

Según lo expuesto, y considerando conjuntamente los errores superficiales relativos y los Índices de Indeterminación del Lindero, al medir una finca rústica con Estación Total cabe esperar una diferencia respecto a la Base de Datos de Catastro del 6 % y una indeterminación en la definición del lindero de 1,12 m.

Lo concluido hasta ahora refleja la relación que existe entre la realidad del terreno y lo que aparece en las Bases de Datos de Catastro a nivel de superficies agrarias, en un municipio en que no se haya realizado la revisión catastral rústica. Pero en todo caso se debe ser cauto a la hora de extrapolar conclusiones a otras zonas o municipios, ya que la gestión de las Bases de Datos de Catastro puede ser muy diferente de unas zonas a otras.



Veamos ahora qué sucede entre las superficies obtenidas por levantamiento topográfico del terreno y lo que reflejan los planos de Catastro. Para ello, tomaremos como base las mismas 115 fincas rústicas del apartado anterior y la digitalización de los polígonos parcelarios 2, 3 y 5. Ya fue evidenciada la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambas variables. Sin embargo, es conveniente analizar qué sucede con los errores.

Empezaremos analizando los estadísticos descriptivos de los errores superficiales relativos, que son:

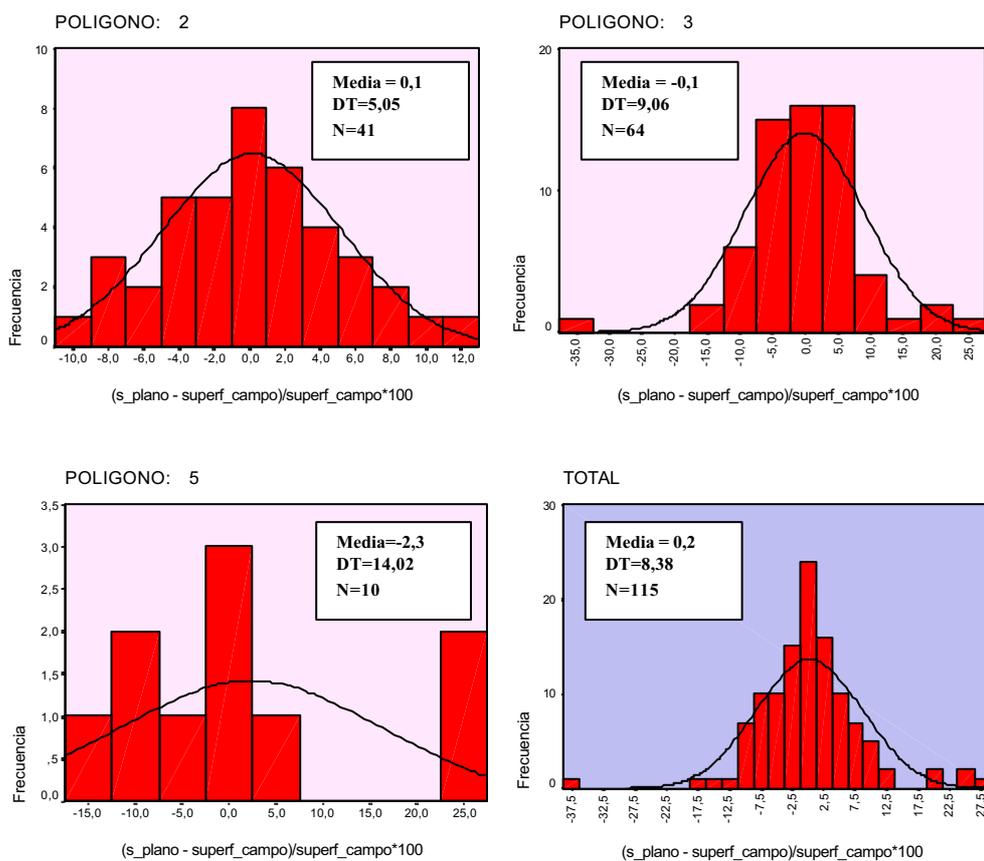
Estadísticos descriptivos

Poligono	N	Rango	Mínimo		Máximo		Media		Desv. típ.
			Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	
2 (s_pl - superf_campo)/superf_campo*100	41	22,25	-10,20	12,05	,1258	,7886	5,0493		
3 (s_pl - superf_campo)/superf_campo*100	64	61,06	-36,85	24,21	-9,547E-02	1,1330	9,0638		
5 (s_pl - superf_campo)/superf_campo*100	10	40,52	-13,25	27,27	2,3098	4,4339	14,0212		

	N	Rango	Mínimo		Máximo		Media		Desv. típ.
			Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	
superf_campo)/superf_campo*100	115	64,12	-36,85	27,27	,1926	,7819	8,3850		

Se observa unos rangos bastante amplios de error superficial, lo cual indica mucha variabilidad dentro de cada polígono, especialmente en el polígono 3. Este polígono es el que tiene menor superficie media por parcela levantada. Los errores medios superficiales, todos ellos positivos, son mínimos en los polígono 2 y 3, en torno al 0,1 % y bastante superiores en el polígono 5, de 2,3 %. Esto viene a indicar que en términos generales, los planos de Catastro tienden a expresar mayor superficie que la que las parcelas tienen en la realidad. Además, se observa cómo en los polígonos 2 y 3, los valores positivos y negativos de los errores se compensan, dando un error medio superficial cercano a cero. En cambio en el polígono 5, con fincas relativamente grandes, los errores negativos predominan sobre los positivos.

Analicemos cómo se distribuyen los errores a través del histograma de frecuencias:



Se observa una desigualdad muy elevada en la distribución de los errores superficiales en cada uno de los polígonos. En el polígono 2, la distribución en torno al valor medio es bastante homogénea y se ajusta muy bien a una normal. En el polígono 3 existe un valor atípico con -37 % de error y se observa una tendencia clara de los valores a situarse en la zona positiva. El polígono más irregular es el 5 y los errores más extremos se producen sobre las parcelas más pequeñas en superficie.

El valor medio global de los errores superficiales relativos, de 0,19 %, enmascara la importancia real de dichos errores a nivel individual. Por lo que vamos a analizar qué sucede con el valor absoluto de los errores superficiales relativos:

Estadísticos descriptivos

Poligono	N	Rango	Minimo	Máximo	Media		Desv. típ.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
2	41	12,03	,02	12,05	3,9183	,4883	3,1265
3	64	36,77	,08	36,85	6,2660	,8127	6,5020
5	10	26,75	,52	27,27	9,9754	3,0324	9,5894



	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
ABS [(s_plano - superf_campo)/superf_campo*100]	115	36,83	,02	36,85	5,7515	,5670	6,0807

Se observa que en el conjunto de las 115 parcelas el error superficial relativo medio considerando valores absolutos es del 5,8 %, tomando unos valores medios muy diferentes de un polígono a otro: 3,9 % para el polígono 2, 6,3 % para el polígono 3 y 10 % para el polígono 5.

Veamos ahora qué sucede con el Índice de Indeterminación del Lindero en la comparación entre las variables superficie del plano de Catastro y superficie agraria por levantamiento topográfico. Los estadísticos descriptivos de dicho índice son:

BIBLIOTECA VIRTUAL

Estadísticos descriptivos

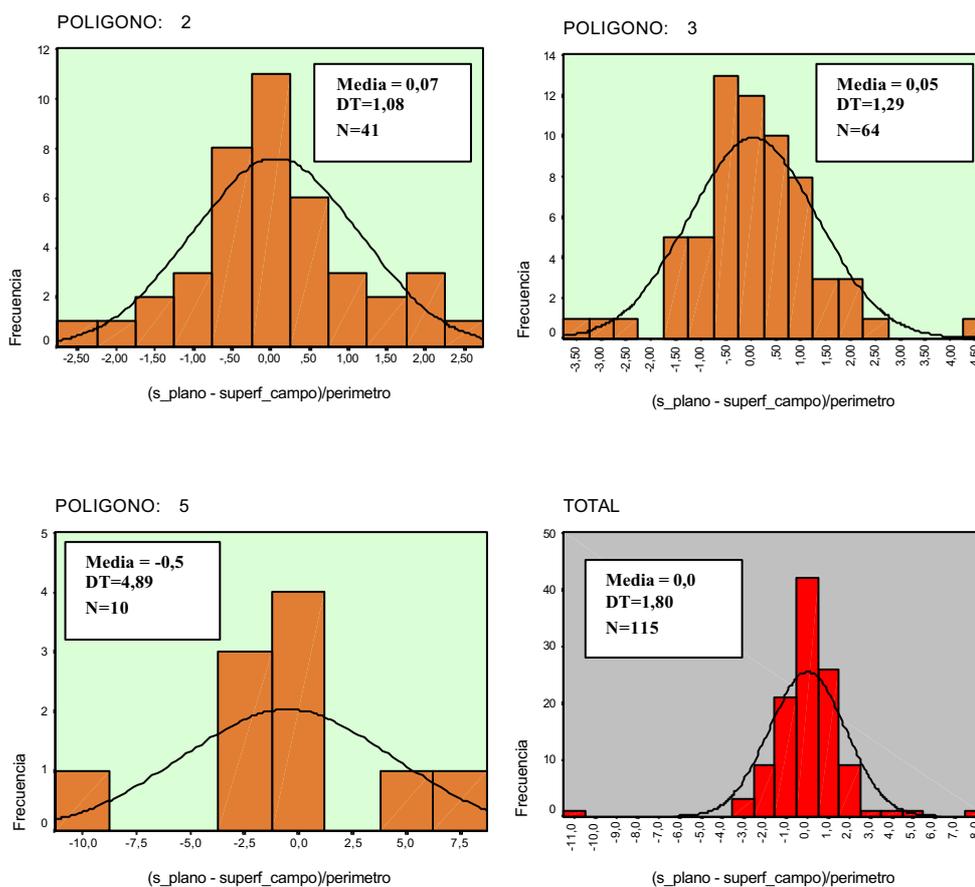
Poligono	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
2 (s_plano - superf_campo)/perimetro	41	4,88	-2,47	2,41	6,571E-02	,1679	1,0753
3 (s_plano - superf_campo)/perimetro	64	8,06	-3,33	4,73	4,748E-02	,1606	1,2850
5 (s_plano - superf_campo)/perimetro	10	18,71	-10,88	7,83	-,5184	1,5478	4,8946



	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
(s_plano - superf_campo)/perim	115	18,71	-10,88	7,83	,770E-03	,1677	1,7989

Aquí las diferencias con el error superficial relativo son bastante patentes. Por un lado, el mayor rango de índices corresponde al polígono 5 y su distribución no es simétrica, ya que presenta un valor medio de -0,5 m. La desviación típica de los índices en este polígono es cuatro veces superior a los otros dos. Las índices medios en los polígonos 2 y 3 son pequeños y similares, iguales a 7 y 5 cm. respectivamente. La media global de los Índices de todas las parcelas es prácticamente cero, lo cual hace pensar en una distribución muy homogénea y simétrica en torno a la media.

Para evidenciar esto, debemos representar la distribución de frecuencias de los Índices de Indeterminación de Linderos de cada uno de los polígonos y de la totalidad de las parcelas, como sigue:



Sigue destacando el polígono 5 por su irregularidad en la distribución de los valores del Índice, presentando dos valores bastante atípicos, con índices superiores a +/- 7 m.. Los índices de las fincas pequeñas no son tan extremos como en el caso de los errores superficiales relativos y, al contrario, dos fincas de tamaño grande, presentan los valores de índice más elevados. En el polígono 3 aparecen tres valores cuyo índice es superior a 3 m. y otros 3 con valor superior a 2 m.

En los polígonos 2 y 3 las distribuciones se ven bastante bien centradas, lo que genera un Índice de Indeterminación del Lindero muy pequeño. En la representación del total de las parcelas se observan claramente los dos casos extremos, los del polígono 5, pero en general, la distribución está bastante normalizada. Destaca, al igual que en los errores superficiales relativos, una especial concentración de valores próximos al valor cero (el 67 % de casos están entre -1 m. y +1 m.).



Los valores absolutos de los Índices de Indeterminación del Lindero mostrarán la importancia real de los errores individuales. Sus estadísticos descriptivos son:

Estadísticos descriptivos

Polígono	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
					Estadístico	Error típico	
2 ABS [(s_plano - superf_campo)/perimetro]	41	2,47	,00	2,47	,8032	,1104	,7067
3 ABS [(s_plano - superf_campo)/perimetro]	64	4,71	,02	4,73	,9355	,1093	,8744
5 ABS [(s_plano - superf_campo)/perimetro]	10	10,62	,26	10,88	3,3111	1,0988	3,4748

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
					Estadístico	Error típico	
ABS [(s plano - superf campo)/perimetro]	115	10,87	,00	10,88	1,0949	,1328	1,4236

Los Índices de Indeterminación de los Linderos adoptan valores normales en el polígono 2 y 3, con 0,80 m. y 0,94 m. respectivamente. Pero el polígono 5 presenta una media excesivamente alta, 3,3 m. y muy elevada dispersión de valores, lo cual evidencia diferencias graves entre los planos catastrales y la realidad del terreno.

El valor medio del Índice de Indeterminación del Lindero es de 1,1 m., valor que se considera excesivo para este municipio, donde los linderos tienen bastante estabilidad a lo largo de los años. Por tanto, se concluye, que los planos de Catastro actualmente existentes tienen poco apoyo en la realidad de las parcelas rústicas. Errores superficiales relativos medios del 6 % e Índices de Indeterminación de los Linderos de más de 1 m., no son admisibles teniendo en cuenta las técnicas de revisión catastral con que hoy día se cuenta.



7.2.3 OBJETIVO 3: Estudiar qué relación existe entre las superficies catastrales obtenidas por digitalización en pantalla sobre ortofoto digital y las superficies existentes en la base de datos de Catastro o en los planos catastrales.

Los procesos de revisión catastral rústica pretenden actualizar las bases de datos y los planos catastrales, para que ambos sean más acordes con la realidad. Para ello se utiliza la digitalización de las ortofotografías digitales. Pero cabría preguntarnos hasta qué punto la renovación catastral modifica lo ya existente, o dicho de otro modo, cuál es el grado de modificación en la superficie catastral tras un proceso de revisión del Catastro de rústica.

Para estudiar estos aspectos, se ha procedido a digitalizar en pantalla las ortofotografías digitales con resolución 1 m/píxel de cuatro polígonos parcelarios del municipio de Baños de Rioja (La Rioja). Paralelamente se han obtenido las superficies de las parcelas de rústica de la Base de Datos de Catastro de dichos polígonos y se han obtenido, por digitalización en mesa digitalizadora, las superficies de dichas parcelas catastrales directamente de los Planos de Catastro.

Por tanto, se dispone de los datos completos de tres variables diferenciadas, para un total de 232 fincas agrícolas:

- Superficie procedente de digitalización en pantalla de ortofoto digital.
- Superficie de la Base de Datos de Catastro.
- Superficie deducida de los planos catastrales.

En este estudio se van a comparar, por un lado, las superficies de la digitalización de las ortofotos digitales con las de la Base de Datos y, por otro, las superficies de la digitalización de las ortofotos digitales con las deducidas de los planos catastrales.

Los datos descriptivos de las tres variables a considerar son los siguientes:



Estadísticos descriptivos

Poligono		N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Dev. típ.
2	Superficie digitalización ortofoto1m	63	1018	59642	870305	13814,37	11575,49
	Superficie en BD	63	860	59800	855085	13572,78	11464,51
	Superficie en PLANO	63	853	59825	862907	13696,94	11440,52
3	Superficie digitalización ortofoto1m	59	2057	53284	624731	10588,66	9747,12
	Superficie en BD	59	1960	54333	622320	10547,80	9814,36
	Superficie en PLANO	59	1964	54003	625246	10597,39	9829,22
4	Superficie digitalización ortofoto1m	73	260	81510	576859	7902,18	12462,97
	Superficie en BD	73	208	83449	572464	7841,97	12340,31
	Superficie en PLANO	73	213	83115	574935	7875,82	12304,69
5	Superficie digitalización ortofoto1m	37	91	221191	1506709	40721,86	59284,42
	Superficie en BD	37	48	219800	1509422	40795,19	59907,10
	Superficie en PLANO	37	75	216658	1492109	40327,27	58988,44

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Dev. típ.
Superficie digitalización ortofoto1m	232	91	221191	3578604	15425,02	27982,73
Superficie en BD	232	48	219800	3559291	15341,77	28186,88
Superficie en PLANO	232	75	216658	3555197	15324,12	27802,04

Como se observa en la tabla, se ha trabajado sobre un total de 232 fincas rústicas, distribuidas en cuatro polígonos, que ocupan una superficie total de 357 Has. La superficie media de las parcelas va desde las 0,8 Has. del polígono 4 hasta las 4,1 Has. del polígono 5. En rango de superficies dentro de cada polígono es muy amplio, asegurando la variabilidad en el tipo de parcelas consideradas.

La primera cuestión que se puede plantear es si estas tres variables, consideradas como tales, presentan diferencias significativas o si sus discrepancias se deben más bien al azar. Para ello, compararemos las medias por parejas a través del estadístico T de muestras relacionadas, al 95 % de grado de confianza, obteniéndose el siguiente resultado:

Estadísticos de muestras relacionadas

Poligono		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
2	Par 1 Superficie digitalización ortofoto1m	13814,37	63	11575,49	1458,37
	Superficie en BD de las parcelas catastrales que la componen	13572,78	63	11464,51	1444,39
	Par 2 Superficie digitalización ortofoto1m	13814,37	63	11575,49	1458,37
	Superficie en PLANO de las parcelas catastrales que la componen	13696,94	63	11440,52	1441,37
3	Par 1 Superficie digitalización ortofoto1m	10588,66	59	9747,12	1268,97
	Superficie en BD de las parcelas catastrales que la componen	10547,80	59	9814,36	1277,72
	Par 2 Superficie digitalización ortofoto1m	10588,66	59	9747,12	1268,97
	Superficie en PLANO de las parcelas catastrales que la componen	10597,39	59	9829,22	1279,66
4	Par 1 Superficie digitalización ortofoto1m	7902,18	73	12462,97	1458,68
	Superficie en BD de las parcelas catastrales que la componen	7841,97	73	12340,31	1444,32
	Par 2 Superficie digitalización ortofoto1m	7902,18	73	12462,97	1458,68
	Superficie en PLANO de las parcelas catastrales que la componen	7875,82	73	12304,69	1440,16
5	Par 1 Superficie digitalización ortofoto1m	40721,86	37	59284,42	9746,30
	Superficie en BD de las parcelas catastrales que la componen	40795,19	37	59907,10	9848,67
	Par 2 Superficie digitalización ortofoto1m	40721,86	37	59284,42	9746,30
	Superficie en PLANO de las parcelas catastrales que la componen	40327,27	37	58988,44	9697,64



Prueba de muestras relacionadas

Polígono		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
2	Par 1 Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie en B	241,59	1384,85	174,47	-107,18	590,36	1,385	62	,171
	Par 2 Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie en F	117,43	1152,13	145,15	-172,73	407,59	,809	62	,422
3	Par 1 Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie en B	40,86	811,02	105,59	-170,49	252,22	,387	58	,700
	Par 2 Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie en F	-8,73	751,88	97,89	-204,67	187,21	-,089	58	,929
4	Par 1 Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie en B	60,21	1173,80	137,38	-213,66	334,07	,438	72	,663
	Par 2 Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie en F	26,36	1149,72	134,56	-241,89	294,60	,196	72	,845
5	Par 1 Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie en B	-73,32	4881,90	802,58	1701,03	1554,38	-,091	36	,928
	Par 2 Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie en F	394,59	4394,56	722,46	1070,62	1859,81	,546	36	,588

Los resultados muestran que no existen diferencias significativas entre las variables consideradas, tomando cada polígono parcelario individualmente. Tan solo en el polígono 2, la comparación entre las superficies digitalizadas en ortofotografía y las de la Base de Datos de Catastro, se aproximan a una cierta significación. Más adelante se observará la distribución de valores en este polígono e intentaremos detectar alguna causa de ello.

Considerando todas las parcelas conjuntamente, el estadístico T para muestras relacionadas, arroja el siguiente resultado:

Estadísticos de muestras relacionadas

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 Superficie digitalización ortofoto1m	15425,02	232	27982,73	1837,16
Superficie en BD	15341,77	232	28186,88	1850,56
Par 2 Superficie digitalización ortofoto1m	15425,02	232	27982,73	1837,16
Superficie en PLANO	15324,13	232	27802,04	1825,29

Prueba de muestras relacionadas

	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Diferencias relacionadas				
				Inferior	Superior			
Par 1 Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie en BD	83,25	2198,85	144,36	-201,19	367,68	,577	231	,565
Par 2 Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie en PLANO	100,89	1984,60	130,30	-155,83	357,61	,774	231	,440

Como se aprecia, no se detectan diferencias significativas entre las variables consideradas, o dicho de otra forma, las diferencias encontradas entre las variables no son estadísticamente significativas. Pero del análisis de dichas diferencias, pueden obtenerse conclusiones importantes, por lo que vamos a iniciar el estudio de los errores superficiales relativos y de los IIL en cada pareja de variables consideradas.



Comenzaremos por comparar la superficie obtenida por digitalización sobre ortofotografía con la superficie de la Base de Datos de Catastro. Los estadísticos descriptivos de los errores superficiales relativos y sus valores absolutos son:

Estadísticos descriptivos

Polígono	N	Rango	Minimo	Máximo	Media		Desv. tip.	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	
2	(s_digi_1 - s_bd)/s_bd*100	63	60,47	-28,29	32,18	3,2531	1,2729	10,1030
	ABS [(s_digi_1 - s_bd)/s_bd*100]	63	31,94	,24	32,18	7,7556	,9059	7,1905
3	(s_digi_1 - s_bd)/s_bd*100	59	63,11	-20,92	42,20	2,0389	1,4471	11,1157
	ABS [(s_digi_1 - s_bd)/s_bd*100]	59	42,16	,03	42,20	8,0236	1,0276	7,8930
4	(s_digi_1 - s_bd)/s_bd*100	73	104,00	-51,94	52,05	1,9302	1,7360	14,8320
	ABS [(s_digi_1 - s_bd)/s_bd*100]	73	51,63	,42	52,05	10,6102	1,2254	10,4702
5	(s_digi_1 - s_bd)/s_bd*100	37	120,11	-30,53	89,58	7,1939	4,3810	26,6489
	ABS [(s_digi_1 - s_bd)/s_bd*100]	37	89,26	,33	89,58	14,5313	3,8426	23,3737

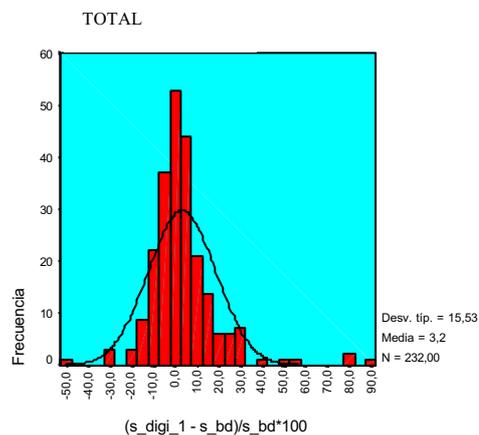
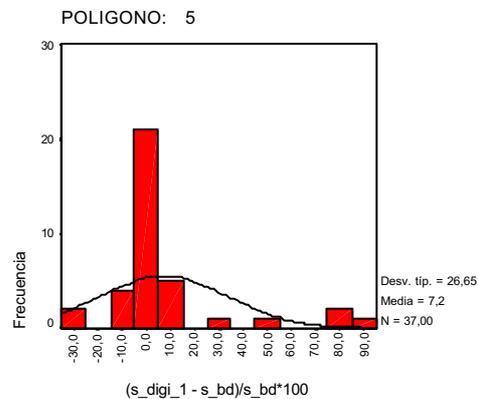
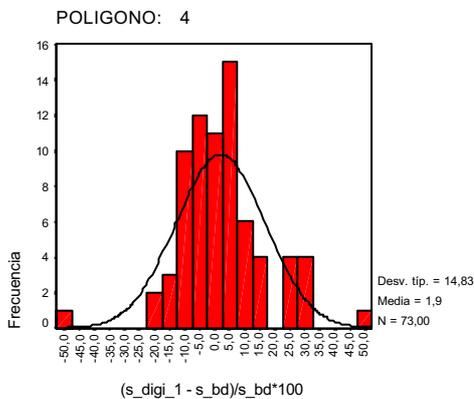
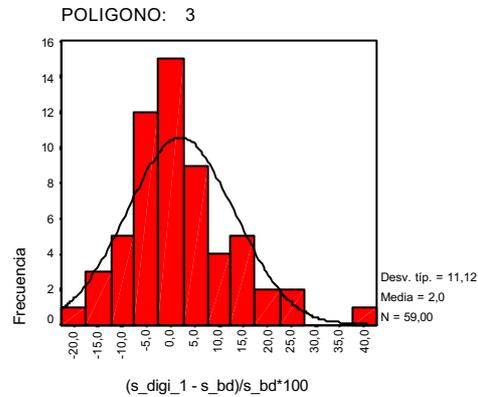
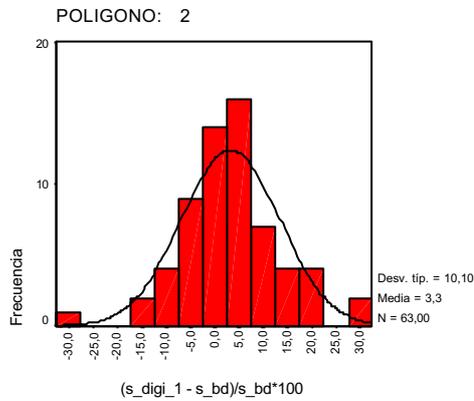
	N	Rango	Minimo	Máximo	Media		Desv. tip.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
(s_digi_1 - s_bd)/s_bd*100	232	141,53	-51,94	89,58	3,1565	1,0194	15,5264
ABS [(s_digi_1 - s_bd)/s_bd*100]	232	89,55	,03	89,58	9,8026	,8162	12,4326

Las medias de los errores superficiales relativos son positivas para todos los polígonos, lo que indica que hay una cierta tendencia a que las superficies obtenidas por digitalización sean superiores a las que aparecen en la base de datos de Catastro actual. La media general indica que esta tendencia es del 3,2 % considerando todas las parcelas en conjunto.

El rango de valores es muy grande y desigual en el polígono 5, lo cual favorece la aparición de una media tan elevada (7,2 %). En el resto, los errores se distribuyen más homogéneamente, lo cual limita los errores medios al 2-3 %.

Los valores absolutos de los errores superficiales relativos expresan con más firmeza los verdaderos errores superficiales a nivel de parcela individual. Los errores medios, aun siendo más elevados, son más homogéneos en los distintos polígonos y quedan en un ámbito entre el 7,8 % y el 13,5 %. La media general de los valores absolutos de los errores está en el 9,8 %, valor que puede considerarse bastante elevado y que permite pronosticar muchas modificaciones en las superficies catastrales si se procede a la revisión catastral de este municipio.

Veamos ahora cómo se distribuyen los valores a través de los gráficos de frecuencia:



Se observa la distribución claramente irregular del polígono 5, con casos muy atípicos, y en menor nivel la del polígono 4. Se aprecia igualmente una excesiva concentración de valores en torno a los valores bajos del error, próximos al cero. Los tres

valores extremadamente atípicos del polígono 5, con errores superficiales relativos superiores al 75 %, coinciden con fincas muy pequeñas (< 1.000 m²), por lo que parece que pueda haber alguna relación inversa entre el tamaño de la parcela y su error superficial, que habrá que investigar.



Veamos ahora qué ocurre con los Índices de Indeterminación de los Linderos para la misma pareja de variables. Sus estadísticos descriptivos, son:

Estadísticos descriptivos

Polígono		N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
2	(s_digi_1 - s_bd)/peridig1	63	12,07	-4,77	7,30	,4782	,2507	1,9902
	ABS [(s_digi_1 - s_bd)/peridig1]	63	7,26	,04	7,30	1,4943	,1748	1,3872
3	(s_digi_1 - s_bd)/peridig1	59	9,32	-5,13	4,19	7,180E-02	,2135	1,6403
	ABS [(s_digi_1 - s_bd)/peridig1]	59	5,12	,01	5,13	1,2570	,1358	1,0432
4	(s_digi_1 - s_bd)/peridig1	73	11,09	-5,35	5,75	3,851E-03	,2290	1,9563
	ABS [(s_digi_1 - s_bd)/peridig1]	73	5,69	,06	5,75	1,4153	,1568	1,3401
5	(s_digi_1 - s_bd)/peridig1	37	21,25	-12,23	9,02	3,814E-02	,4901	2,9814
	ABS [(s_digi_1 - s_bd)/peridig1]	37	12,13	,10	12,23	1,8058	,3869	2,3535

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
(s_digi_1 - s_bd)/peridig1	232	21,25	-12,23	9,02	,1554	,1370	2,0872
ABS [(s_digi_1 - s_bd)/peridig1]	232	12,22	,01	12,23	1,4588	,833E-02	1,4978

Los Índices medios son realmente pequeños en los polígonos 3, 4 y 5, y solo en el polígono 2 se alcanzan los 0,48 m de I.I.L. La media general de los Índices, de 0,15 m. es poco significativa y sólo demuestra que los Índices negativos tienden a compensarse con los positivos o, en cualquier caso, que hay una ligera tendencia a que la superficie obtenida por digitalización sea mayor que la de la base de datos.

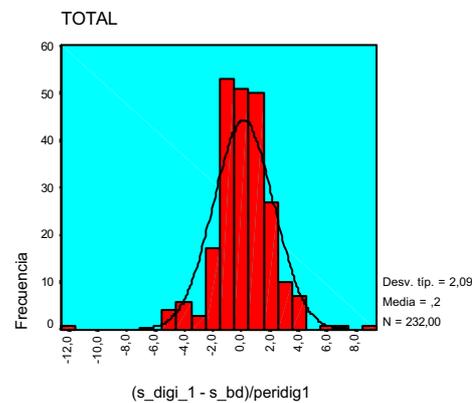
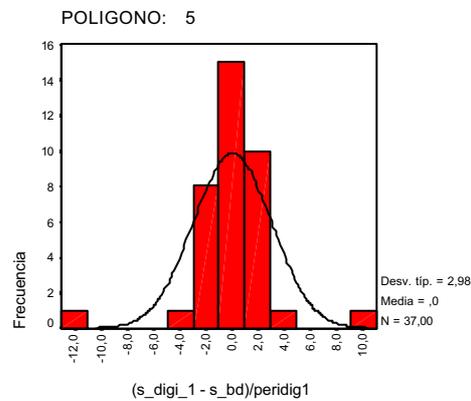
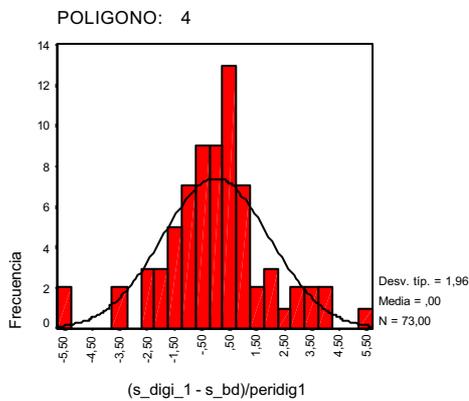
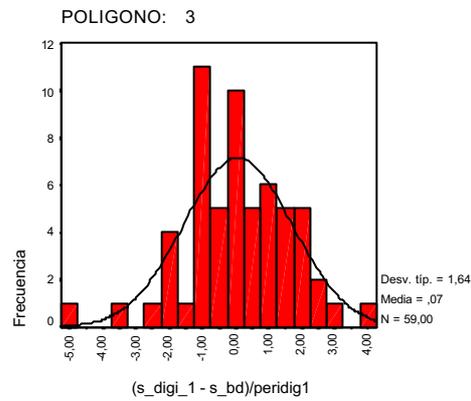
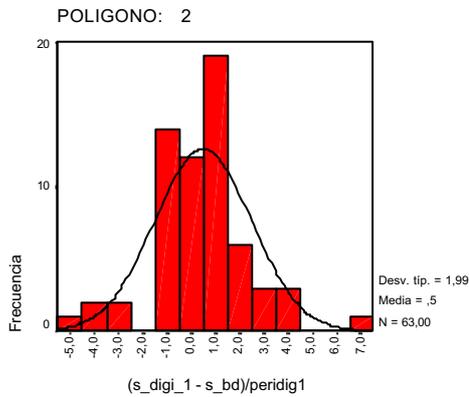
Este hecho hace pensar que tal vez los Índices de Indeterminación del Lindero sean un estadístico más relacionado con la significación de medias que los errores superficiales relativos.

Existen bastantes casos atípicos $[ABS(I.I.L.) > 3]$ en todos los polígonos, que hacen aumentar los estadísticos de dispersión, pero suelen tener una disposición muy simétrica en la distribución de frecuencias.

Respecto a los valores absolutos, destacar el resultado similar para todos los polígonos, con valores desde 1,3 m. para el polígono 3 hasta 1,8 m. para el polígono 5. La media de 1,5 m. evidencia unas importantes diferencias entre la superficie digitalizada en pantalla y las superficies de la Base de Datos de Catastro.



La distribución de frecuencias de los I.I.L. es la siguiente:



En los gráficos se observa la simétrica localización de los valores atípicos en cada polígono, así como la significativa superación de la curva normal de los valores más próximos a la media. Esto

último hace que las desviaciones típicas no sean excesivamente elevadas, a pesar de la existencia de importantes valores atípicos.

En general, ambas parejas de variables tienden a mostrar similares características, siendo el I.I.L. tan expresivo de la variabilidad existente como los errores superficiales relativos.



Veamos cómo se comportan la otra pareja de variables, es decir, la superficie digitalizada frente a la superficie deducida del plano de Catastro. Los estadísticos descriptivos de los errores superficiales relativos y sus valores absolutos son:

Estadísticos descriptivos

Polígono	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Dev. típ.	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	
2	(s_digi_1 - s_plano)/s_plano*100	63	54,30	-26,46	27,84	1,5775	1,1412	9,0578
	ABS [(s_digi_1 - s_plano)/s_plano*100]	63	27,82	,02	27,84	6,5638	,8047	6,3870
3	(s_digi_1 - s_plano)/s_plano*100	59	58,07	-20,00	38,07	1,3719	1,3771	10,5775
	ABS [(s_digi_1 - s_plano)/s_plano*100]	59	37,65	,42	38,07	7,4335	,9880	7,5888
4	(s_digi_1 - s_plano)/s_plano*100	73	105,81	-50,85	54,96	,7230	1,7678	15,1043
	ABS [(s_digi_1 - s_plano)/s_plano*100]	73	54,70	,26	54,96	10,4512	1,2710	10,8594
5	(s_digi_1 - s_plano)/s_plano*100	37	115,06	-35,12	79,95	3,3761	3,1343	19,0653
	ABS [(s_digi_1 - s_plano)/s_plano*100]	37	79,91	,04	79,95	10,1902	2,6937	16,3853

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Dev. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
(s_digi_1 - s_plano)/s_plano*100	232	130,80	-50,85	79,95	1,5432	,8775	13,3651
ABS [(s_digi_1 - s_plano)/s_plano*100]	232	79,93	,02	79,95	8,5865	,6790	10,3427

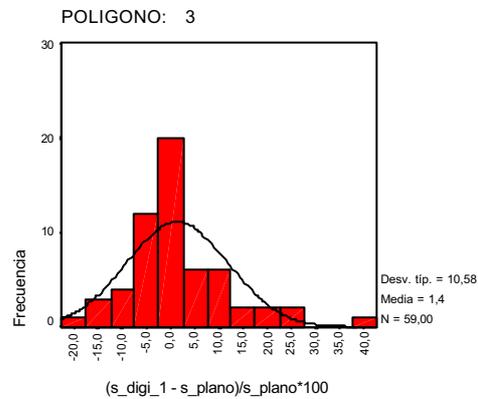
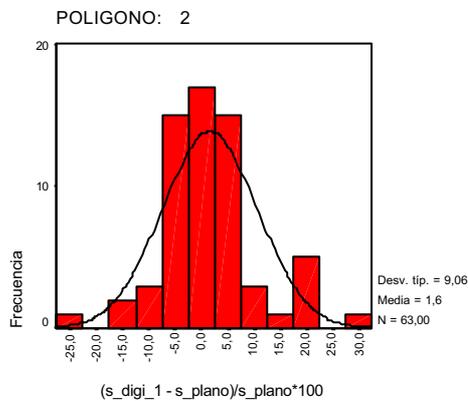
Destaca la amplia dispersión de valores en los polígonos 4 y 5, con presencia de valores muy atípicos. A pesar de ello, el polígono 4 es el que menos media muestra, por su simetría casi perfecta. En general, se cumple que a mayor simetría de valores, las medias son menores y más próximas a cero.

La media de los errores superficiales relativos va desde 0,7 % para el polígono 4 hasta 3,4 % para el polígono 5, adoptando una media general de todas las parcelas igual a 1,5 %. Estos valores son menores que los obtenidos en la anterior comparación de variables, por lo que podría adelantarse una semejanza de las superficies digitalizadas con los planos mayor que con la base de datos de Catastro.

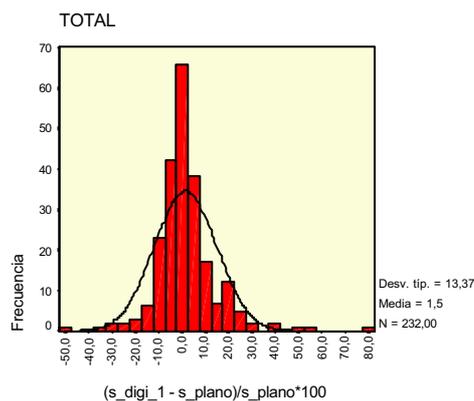
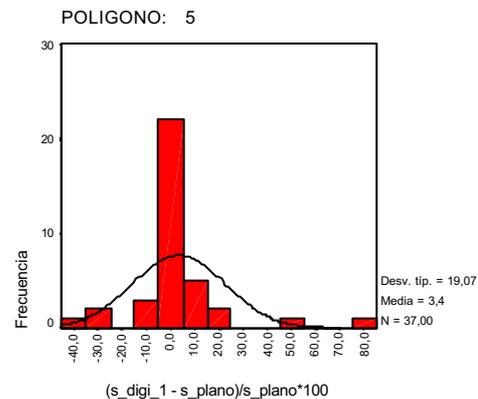
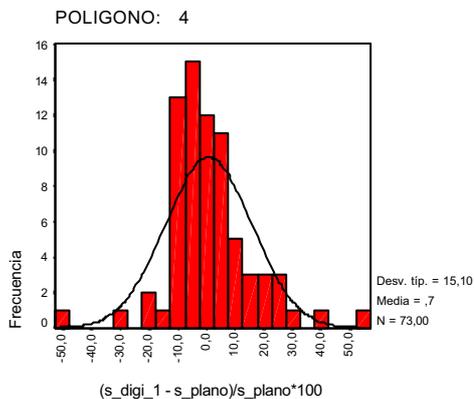
Los valores absolutos muestran todavía mayor homogeneidad, ocupando sus medias un rango entre 6,6 % y 10,5 %, y un valor medio global del 8,6 %, que se considera excesivamente grande. Por ello, en la revisión catastral que se lleve a cabo en este municipio, es de prever una fuerte modificación de los planos catastrales existentes para ajustarlos a la realidad que reflejan las ortofotografías.



La distribución de valores a través de los gráficos de frecuencias es la siguiente:



BIBLIOTECA VIRTUAL



Se observan casos muy atípicos en los polígonos 4 y 5. En el polígono 5 la distribución es muy irregular existiendo una destacada concentración de valores entre -5% y $+5\%$. Los valores con mayor error superficial relativo vuelven a coincidir con parcelas de pequeño tamaño ($<2.000 \text{ m}^2$).

En la gráfica con la totalidad de valores, se observa un buen ajuste a la curva normal, si exceptuamos los valores atípicos superiores al 30 %.



Veamos qué sucede con los Índices de Indeterminación de los Linderos (I.I.L.) en esta comparación entre la superficie digitalizada en pantalla sobre ortofoto y la superficie deducida del plano de Catastro. Sus estadísticos descriptivos son:

Estadísticos descriptivos

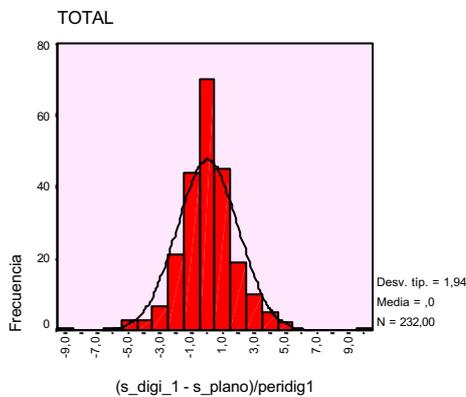
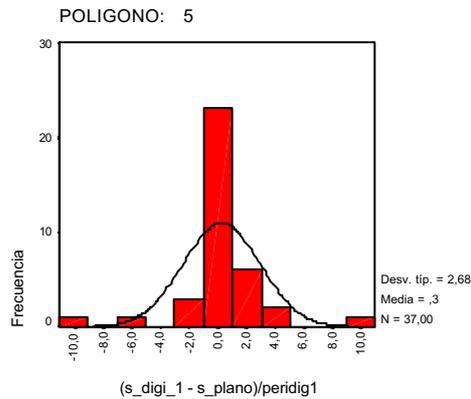
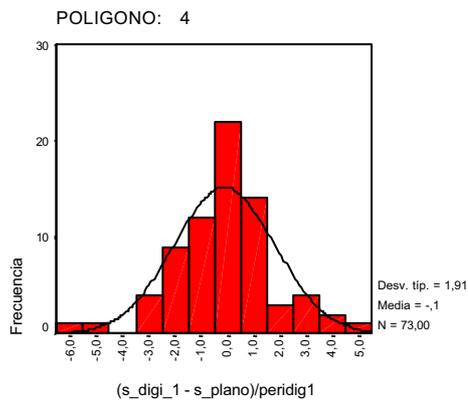
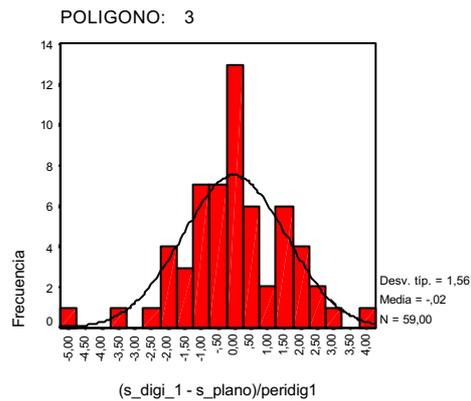
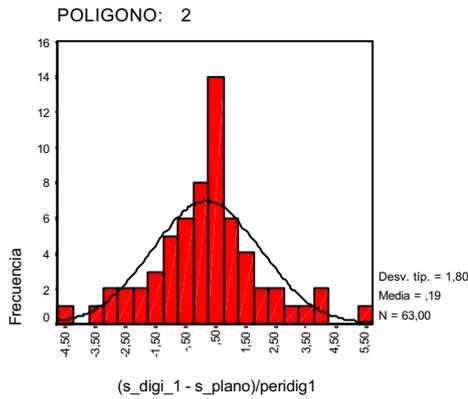
Poligono	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
					Estadístico	Error típico	
2 (s_digi_1 - s_plano)/peridig1	63	9,63	-4,35	5,28	,1887	,2263	1,7965
ABS [(s_digi_1 - s_plano)/peridig1]	63	5,28	,00	5,28	1,3224	,1536	1,2193
3 (s_digi_1 - s_plano)/peridig1	59	8,93	-4,85	4,08	-1,744E-02	,2037	1,5649
ABS [(s_digi_1 - s_plano)/peridig1]	59	4,78	,07	4,85	1,1749	,1331	1,0224
4 (s_digi_1 - s_plano)/peridig1	73	11,41	-6,07	5,34	-,1362	,2241	1,9145
ABS [(s_digi_1 - s_plano)/peridig1]	73	6,04	,04	6,07	1,3996	,1525	1,3030
5 (s_digi_1 - s_plano)/peridig1	37	19,02	-9,42	9,60	,2511	,4414	2,6848
ABS [(s_digi_1 - s_plano)/peridig1]	37	9,59	,01	9,60	1,5330	,3623	2,2040

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
(s_digi_1 - s_plano)/peridig1	232	19,02	-9,42	9,60	4,400E-02	,1275	1,9418
ABS [(s_digi_1 - s_plano)/peridig1]	232	9,60	,00	9,60	1,3428	9,196E-02	1,4007

Se observa una distribución muy simétrica de los valores máximos y mínimos en todos los polígonos, aunque los rangos de I.I.L. son excesivamente grandes en los polígonos 4 y 5. Las medias presentan un valor mínimo y negativo en el polígono 3, valor también negativo y mayor en el 4, y valores positivos entre 19-25 cm. en el polígono 2 y 5. La media general es mínima, igual a 4 cm. La variabilidad de resultados es pues mucho mayor que en el caso de los errores superficiales relativos, para estas mismas variables.

En cuanto a los valores absolutos del I.I.L. decir que son prácticamente iguales en todos los polígonos, estando entre 1,2 m. y 1,5 m. La media general de los valores absolutos de los I.I.L. queda en 1,3 m., no diferenciándose en mucho de lo obtenido para la primera comparación de variables (digitalización/Base de Datos).

Finalmente, vamos a representar la distribución de frecuencias de los I.I.L. de las variables superficie de la digitalización sobre ortofotos y superficie de los planos de Catastro:



La distribución de valores es muy regular en el polígono 2 y 4, menos en el polígono 3 y muy irregular en el polígono 5. Siguen apreciándose de forma destacada los picos centrales correspondiente a valores próximos a la media. Exceptuando el polígono 5, el ajuste a la curva normal es muy acusado.

Como reflexión general de todo lo visto en este apartado, habría que decir que las diferencias entre la superficie digitalizada sobre ortofoto y las de la base de datos o el plano de Catastro, son excesivas y que por tanto convendría realizar con urgencia la revisión catastral de rústica del municipio.



7.2.4 OBJETIVO 4: Estudiar las diferencias entre las superficies catastrales digitalizadas en pantalla sobre ortofoto y las superficies agrarias obtenidas por levantamiento topográfico en campo.

Después de un proceso de renovación catastral rústica en un municipio, la coincidencia entre superficies de la Bases de Datos y superficies del Plano catastral son absolutas. Pero la pregunta ahora es si esas superficies obtenidas por digitalización en pantalla sobre ortofotografía digital y trasladadas a los Planos y Base de Datos catastral tienen también esa misma coincidencia con la realidad de las parcelas en el terreno.

Para comprobar esto, analizaremos las superficies de las parcelas digitalizadas sobre ortofoto de 1 m/pixel con las superficies obtenidas por levantamiento topográfico en campo. De las 232 fincas rústicas digitalizadas en pantalla y de las 115 fincas levantadas en el terreno, solo existen 84 coincidencias, sobre las que podemos realizar el estudio planteado.

Los estadísticos descriptivos generales para estas dos variables consideradas son los siguientes:

Estadísticos descriptivos

Polígono		N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. típ.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
2	Superficie digitalización_ortofoto1m	32	30700	1018	31718	368978	11530,56	1493,12	8446,39
	Superficie de las fincas digitalizadas medida en el terreno	32	31018	887	31905	366977	11468,03	1506,05	8519,52
3	Superficie digitalización_ortofoto1m	43	51227	2057	53284	510298	11867,40	1550,30	10165,97
	Superficie de las fincas digitalizadas medida en el terreno	43	52420	2103	54523	509813	11856,12	1558,58	10220,30
5	Superficie digitalización_ortofoto1m	9	220935	256	221191	966584	107398,22	29788,62	89365,85
	Superficie de las fincas digitalizadas medida en el terreno	9	220849	183	221032	972412	108045,78	29931,92	89795,77

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Superficie digitalización_ortofoto1m	84	220935	256	221191	1845860	21974,52	4544,67	41652,63
Superficie medida en el terreno	84	220849	183	221032	1849202	22014,31	4572,24	41905,28

El conjunto de parcelas ocupa una superficie de 185 Has., existiendo parcelas pequeñas, medianas y de grandes dimensiones que aseguran la variabilidad necesaria para que el estudio estadístico sea representativo. Las parcelas de los polígono 2 y 3 tienen una superficie media de 1,1 Has. y las del polígono 5, su superficie media es de 10,8 Has.



El estudio de significación de las medias indica que no existen diferencias significativas al nivel del 95 % entre ambas superficies

Prueba de muestras relacionadas

Polígono			Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
			Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
						Inferior				Superior
2	Par 1	Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie fincas digitalizadas medida en el terreno	62,53	718,55	127,02	-196,53	321,60	,492	31	,626
3	Par 1	Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie fincas digitalizadas medida en el terreno	11,28	565,62	86,26	-162,79	185,35	,131	42	,897
5	Par 1	Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie fincas digitalizadas medida en el terreno	-647,56	1166,57	388,86	-1544,26	249,15	-1,665	8	,134

	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior				Superior
Superficie digitalización ortofoto1m - Superficie de las fincas digitalizadas medida en el terreno	-39,79	728,93	79,53	-197,97	118,40	-,500	83	,618

Tan solo en el polígono 5, el valor de la significación bilateral indica la existencia de diferencias ligeramente significativas. Para evidenciar mejor estas diferencias, se han construido las nuevas variables de error superficial relativo e Índice de Indeterminación del Lindero para cada parcela, que seguidamente se analizan.

Para el caso de los *errores superficiales relativos* entre la superficie digitalizada sobre ortofotografía y la superficie obtenida por levantamiento topográfico, los estadísticos descriptivos han resultado ser los siguientes:

Estadísticos descriptivos

Pol		N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
2	Error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno	32	32,68	-12,67	20,01	1,0601	1,1029	6,2390
	Valor absoluto del error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno	32	19,84	,16	20,01	4,0254	,8544	4,8332
3	Error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno	43	30,93	-12,81	18,13	,5033	,9243	6,0613
	Valor absoluto del error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno	43	17,91	,21	18,13	4,2426	,6572	4,3094
5	Error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno	9	53,11	-13,22	39,89	1,3517	5,1208	15,3623
	Valor absoluto del error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno	9	39,82	,07	39,89	7,5958	4,3862	13,1585

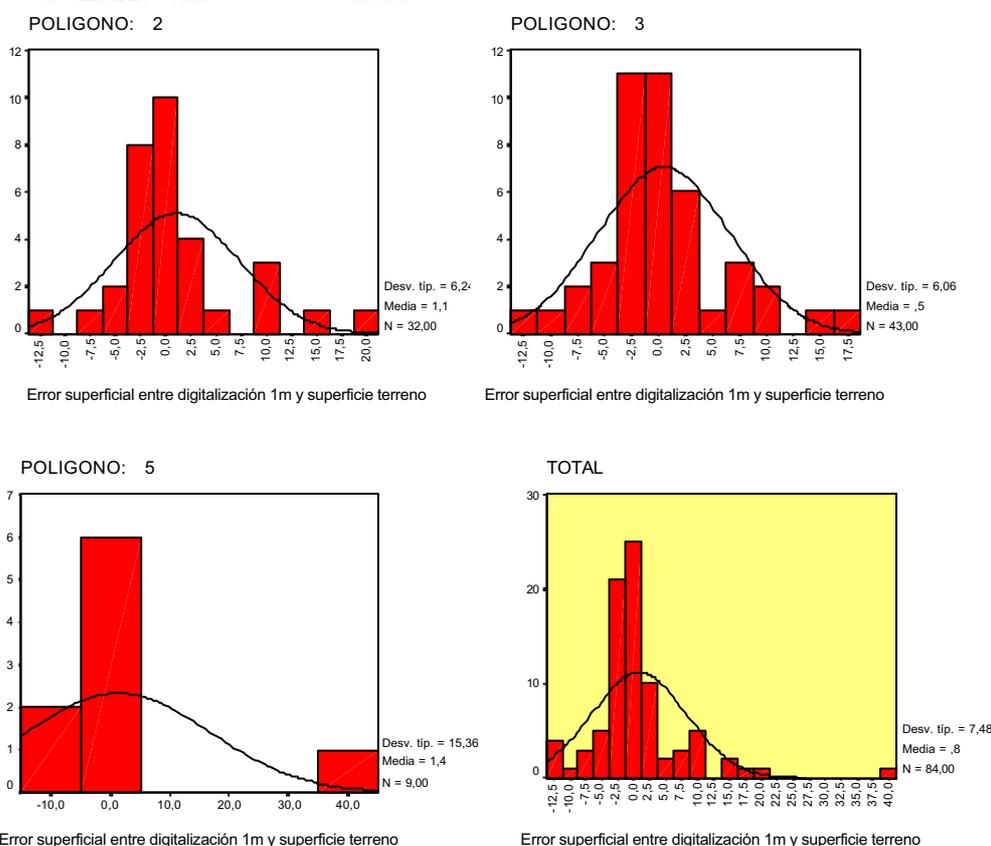
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno	84	53,11	-13,22	39,89	,8063	,8164	7,4821
Valor absoluto del error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno	84	39,82	,07	39,89	4,5191	,6544	5,9976

Sigue siendo el polígono 5 el que presenta mayor variabilidad y dispersión de valores, con un caso muy atípico (40 % de error) que corresponde a una finca de menos de 200 m². Las medias de dichos errores se sitúan entre 0,5 % para el polígono 3 y 1,4 % para el polígono 5, siendo la media global del 0,8 %. Se observa que todas las medias son positivas, lo



cual indica que hay una tendencia generalizada a que la superficie digitalizada sobre ortofoto sea mayor que la superficie medida en el terreno.

En cuanto a los valores absolutos de los errores superficiales relativos, sus medias se hallan entre el 4 % del polígono 2 y el 7,6 del polígono 5 (este último, altamente incrementado por el valor atípico). La media global del 4,5 % es un dato importante, ya que en esencia es el error que habrá que admitir como diferencia entre las superficies reales de las parcelas y las superficies catastrales, tras un proceso de renovación catastral rústica, realizado en las condiciones de digitalización expuestas. O dicho de otra forma, tras un proceso de renovación catastral rústica, cuando se tome una parcela al azar y se mida su superficie mediante levantamiento topográfico, es previsible esperar una diferencia entre esta superficie y la catastral, del 4,5 % en más o en menos. Se trataría del valor medio de la exactitud del método de digitalización en pantalla sobre ortofotografía digital, utilizando los medios materiales y técnicos descritos.





Los gráficos anteriores corresponden a los histogramas de frecuencias de los errores superficiales relativos para la totalidad de los polígonos. Se observa en el polígono 5, una clara desviación de los valores respecto de la curva normal, tal vez propiciada por el pequeño número de parcelas consideradas (9) y por el caso extremadamente atípico que presenta. Considerando solamente los polígonos 2 y 3, con una distribución mucho más normalizada, obtendríamos una media de valores absolutos del error superficial relativo de 4,1 %. Sigue observándose una excesiva concentración de valores en torno a la media.

Veamos qué sucede con los Índices de Indeterminación del Lindero para las 84 parcelas consideradas en el caso anterior. Los estadísticos descriptivos de dichos Índices son:

Estadísticos descriptivos

Polígono		N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
2	Error lineal entre digitalización 1m. y superficie terreno	32	6,04	-2,89	3,16	,1224	,1873	1,0595
	Valor absoluto del error lineal entre digitalización 1 m. y superficie terreno	32	3,12	,04	3,16	,6813	,1435	,8116
3	Error lineal entre digitalización 1m. y superficie terreno	43	4,30	-1,47	2,83	5,563E-02	,1499	,9829
	Valor absoluto del error lineal entre digitalización 1 m. y superficie terreno	43	2,79	,04	2,83	,7144	,1019	,6684
5	Error lineal entre digitalización 1m. y superficie terreno	9	3,70	-2,34	1,35	-,4745	,3653	1,0959
	Valor absoluto del error lineal entre digitalización 1 m. y superficie terreno	9	2,26	,08	2,34	,8595	,2632	,7895

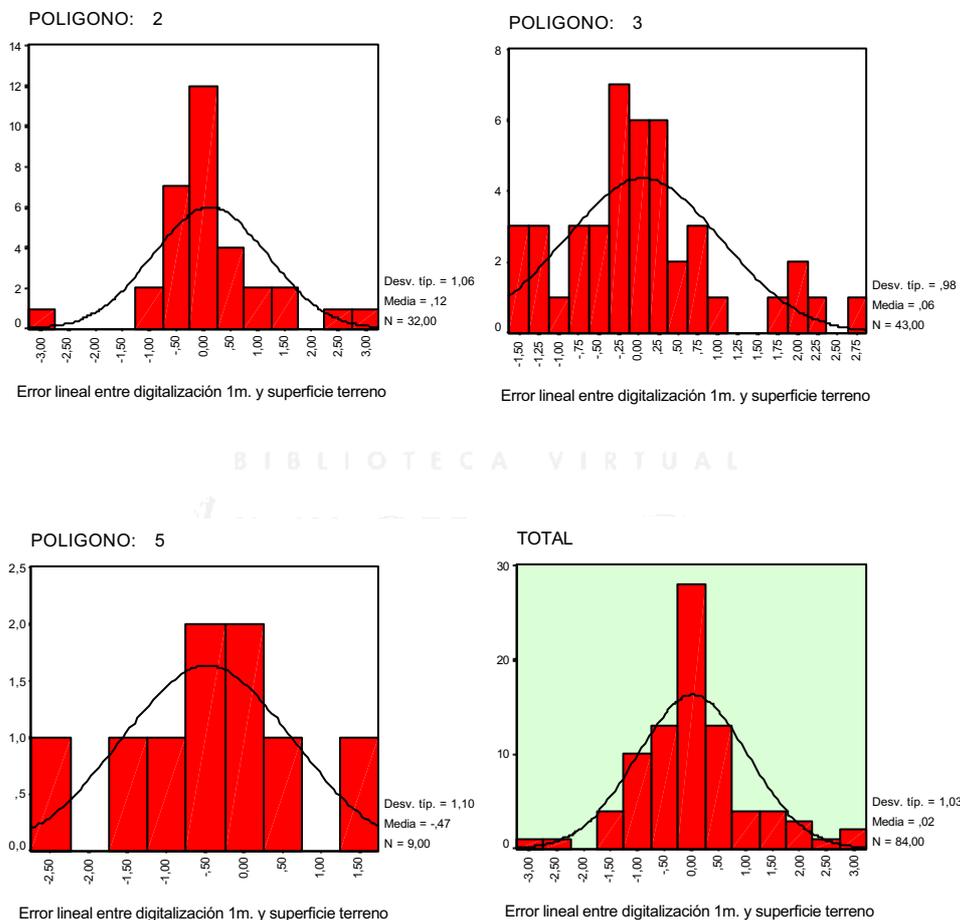
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Error lineal entre digitalización 1m. y superficie terreno	84	6,04	-2,89	3,16	2,426E-02	,1121	1,0272
Valor absoluto del error lineal entre digitalización 1 m. y superficie terreno	84	3,12	,04	3,16	,7174	7,980E-02	,7314

Se aprecia un mayor y destacado rango de valores en el polígono 2, manteniéndose sin embargo la desviación típica similar en todos ellos. Los Índices medios son moderados en el polígono 2 y 3, con 6 cm. y 12 cm. respectivamente y relativamente elevados y negativos en el polígono 5, con -47 cm.

Los valores absolutos de los Indices, son más homogéneos que los mismos valores en los errores superficiales relativos. Aquí están entre 0,68 m. y 0,86 m., con una media global para las 84 parcelas de 0,72 m. Este valor puede considerarse como valor medio del Índice de Indeterminación del Lindero (I.I.L.) y correspondería con el 4,5 % de error superficial relativo medio obtenido en el análisis anterior.



La distribución de los valores del I.I.L. queda reflejada en los histogramas de frecuencias siguientes:



BIBLIOTECA VIRTUAL

Se aprecia una mejora considerable en la distribución de valores del polígono 5. En el gráfico que engloba la totalidad de las parcelas, se observa un ajuste casi perfecto a la normal, exceptuando, como ya viene a ser habitual, la alta concentración de valores en las zonas de menores Índices de Indeterminación del Lindero.

Considerando todos los aspectos analizados en este ensayo, podría concluirse que en los procesos de renovación catastral rústica que utilicen digitalización en pantalla sobre ortofotografía digital de 1m/pixel, cabe esperar una aproximación a la superficie real de las parcelas en torno al 4 % para los errores superficiales relativos y se tendrá una indeterminación de los linderos de unos 70 cm.



7.2.5 OBJETIVO 5: Determinar si se obtiene mayor precisión en la digitalización sobre ortofotografía de 0,25 m/pixel o sobre ortofotografía de 1 m/pixel.

En el Capítulo 5 ya fue comentada la posibilidad de realizar la digitalización sobre ortofotografía digital de 0,25 m/pixel o sobre ortofotografía digital de 1 m/pixel. Como primera aproximación, parece lógico pensar que la digitalización sobre ortofotografía de 0,25 m/pixel, por su mayor resolución, debe generar una cartografía catastral más precisa, con una definición de linderos y deducción de superficies más cercanos a la realidad.

Pero para comprobar estas afirmaciones, es necesario realizar dos tipos diferenciados de análisis estadístico:

- Por un lado, habría que determinar si las superficies obtenidas por digitalización sobre ortofoto de 1 m/pixel. se diferencian de forma significativa de las obtenidas por digitalización sobre ortofoto de 0,25 m/pixel, o si las diferencias sólo se pueden explicar por el azar.
- Por otro, habría que deducir cuál de las dos digitalizaciones, la de 0,25 m/pixel o la de 1 m/pixel, obtiene superficies más parecidas a la realidad de las parcelas rústicas, es decir, cuál se parece más a la superficie obtenida por levantamiento topográfico, considera esta última como la “verdad terreno”.

Para abordar ambos objetivos se decidió digitalizar los polígonos parcelarios 3 y 5 al completo, para las dos resoluciones, por ser éstos los polígonos en los que los linderos están mejor definidos, tanto en el terreno como en la ortofotografía digital. El polígono 2 presenta bastantes zonas incultas entre parcelas (ribazos, llecós, ...) y el polígono 4 tiene muchas zonas arboladas, que dificultan el correcto posicionamiento de los linderos. Además, en el polígono 3 se ha realizado el levantamiento topográfico de todas sus parcelas y en el polígono 5 de casi la totalidad de ellas, lo cual nos permitirá abordar el segundo de los objetivos con suficientes datos.



Comparación: superficies por digitalización en ortofoto de 1m/pixel // superficies por digitalización de ortofoto de 0,25 m/pixel.

Se dispone de los datos de digitalización de 59 fincas rústicas en el polígono 3 y 37 en el polígono 5, con un total de 214 Has. cubiertas. Los estadísticos descriptivos de ambas variables estudiadas son:

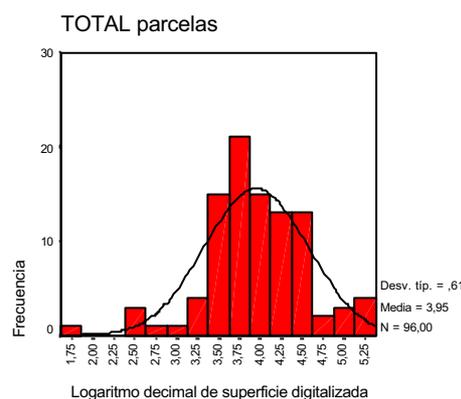
Estadísticos descriptivos

Pol		N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. tip.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
3	Superficie digitalización ortofoto1m	59	51227	2057	53284	624731	10588,66	1268,97	9747,12
	Superficie digitalización ortofoto025m	59	51306	2126	53432	625681	10604,76	1267,24	9733,88
5	Superficie digitalización ortofoto1m	37	221100	91	221191	1506709	40721,86	9746,30	59284,42
	Superficie digitalización ortofoto025m	37	219916	66	219982	1512380	40875,14	9774,38	59455,21

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. tip.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Superficie digitalización ortofoto1m	96	221100	91	221191	2131440	22202,50	4091,68	40090,07
Superficie digitalización ortofoto025m	96	219916	66	219982	2138061	22271,47	4103,76	40208,51

Las 96 parcela digitalizadas se distribuyen por tamaños según los siguientes rangos:

- Entre 0 y 5.000 m² 32 parcelas
- Entre 5.000 m² y 10.000 m² 21 parcelas
- Entre 10.000 m² y 20.000 m² 14 parcelas
- Entre 20.000 m² y 50.000 m² 21 parcelas
- Mayores de 50.000 m² 8 parcelas



El histograma representa las frecuencias del logaritmo decimal de las superficies digitalizadas, que resulta ser una transformación de valores que se adapta bastante bien a una curva normal. La necesaria variabilidad en la tipología del tamaño de las parcelas queda, por tanto, asegurada para un adecuado análisis estadístico.

Como primera opción, vamos a comprobar si las medias de las dos variables presentan diferencias significativas debidas a la distinta resolución de la ortofotografía utilizada o si dichas diferencias pueden ser explicadas simplemente por el azar.



Los resultados de la Prueba T para muestras relacionadas, para cada polígono y globalmente, son los siguientes:

Prueba de muestras relacionadas

Polígono		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
3	Superficie digitalización_ortofoto1m - Superficie digitalización_ortofoto025m	-16,10	306,69	39,93	-96,03	63,82	-,403	58	,688
5	Superficie digitalización_ortofoto1m - Superficie digitalización_ortofoto025m	-153,27	631,59	103,83	-363,85	57,31	-1,476	36	,149

	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)		
	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior				Superior	
	Superficie digitalización_ortofoto1m - Superficie digitalización_ortofoto025m	-68,97	461,62	47,11	-162,50	24,56	-1,464	95	,147

En ningún caso puede decirse que existan diferencias significativas entre ambas variables. Sin embargo, a nivel global, la comparación de medias está muy próxima a ser ligeramente significativa, seguramente por la influencia de las parcelas del polígono 5, que también se acercan a una ligera significación.

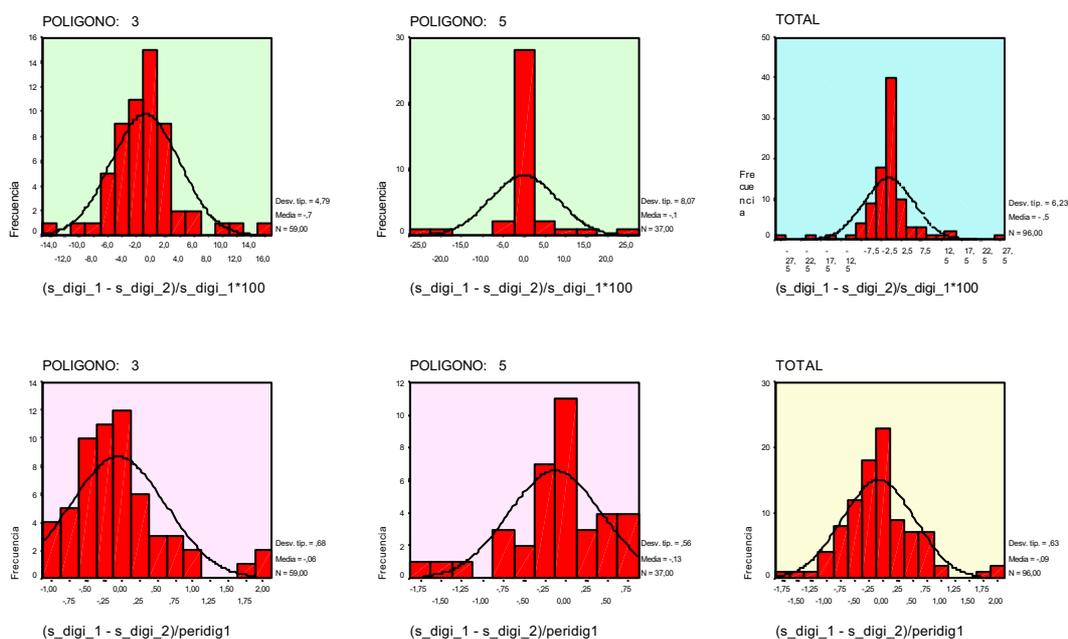
Para detectar ligeras tendencias o causas sistemáticas de error, conviene profundizar en el estudio de las diferencias entre ambas variables. Lo haremos, como hasta ahora, a través de los errores superficiales relativos y de los Índices de Indeterminación de los Linderos.

Calculados ambos conjuntamente, sus estadísticos descriptivos e histogramas de frecuencias son:

Estadísticos descriptivos

Pol	Estadístico	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Dev. tip.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
3	(s_digi_1 - s_digi_2)/s_digi_1*100	59	30,02	-13,93	16,08	-,6993	,6232	4,7867
	ABS [(s_digi_1 - s_digi_2)/s_digi_1*100]	59	16,02	,06	16,08	3,3244	,4541	3,4883
	(s_digi_1 - s_digi_2)/peridig1	59	3,20	-1,12	2,08	-6,153E-02	8,842E-02	,6791
	ABS [(s_digi_1 - s_digi_2)/peridig1]	59	2,07	,01	2,08	,5056	5,895E-02	,4528
5	(s_digi_1 - s_digi_2)/s_digi_1*100	37	54,46	-26,99	27,47	-6,689E-02	1,3274	8,0744
	ABS [(s_digi_1 - s_digi_2)/s_digi_1*100]	37	27,42	,05	27,47	3,8439	1,1626	7,0721
	(s_digi_1 - s_digi_2)/peridig1	37	2,36	-1,70	,66	-,1260	9,166E-02	,5576
	ABS [(s_digi_1 - s_digi_2)/peridig1]	37	1,68	,02	1,70	,4033	6,577E-02	,4000

	Estadístico	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Dev. tip.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
(s_digi_1 - s_digi_2)/s_digi_1*100		96	54,46	-26,99	27,47	-,4555	,6357	6,2282
ABS [(s_digi_1 - s_digi_2)/s_digi_1*100]		96	27,42	,05	27,47	3,5246	,5249	5,1426
(s_digi_1 - s_digi_2)/peridig1		96	3,78	-1,70	2,08	-,639E-02	8,458E-02	,6328
ABS [(s_digi_1 - s_digi_2)/peridig1]		96	2,07	,01	2,08	,4662	1,429E-02	,4339



Para los errores superficiales relativos se observa una distribución de valores muy bien centrada pero con una excesiva dispersión, especialmente en el polígono 5. En el histograma de dicho polígono se observan valores atípicos con errores mayores del 20 %, que corresponden a las tres parcelas digitalizadas más pequeñas (inferiores a 250 m²). Las medias de los errores superficiales relativos son negativas en ambos polígonos, especialmente pequeña en el polígono 5 (-0,7 %) y la media global está en el -0,45 %. Hay pues una ligera tendencia a obtener mayores superficies en la digitalización sobre ortofotografía de 0,25 m/pixel. Considerando los valores absolutos, el error medio superficial es del 3,5 %.

En relación a los I.I.L., presentan una peor simetría que los errores superficiales, destacando también en este sentido el polígono 5. Muestran medias muy pequeñas, con I.I.L. entre -6 cm. y -12 cm., también negativas. Con valores absolutos, las medias de los I.I.L. van de 0,4 m. para el polígono 5 hasta 0,5 m. para el polígono 3, con media global de 0,47 m.

En resumen, aunque las diferencias entre ambas variables no son significativas, éstas pueden estimarse en torno al 3,5 % (expresado como error superficial relativo) o en torno a 0,47 m. (expresado como I.I.L.)



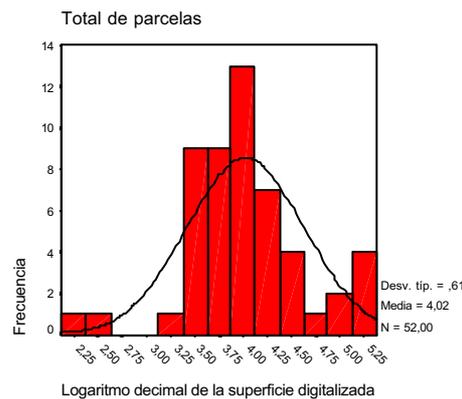
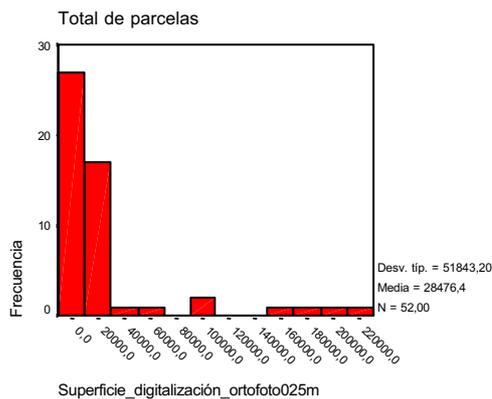
Comparación: superficies por digitalización en ortofoto de 1m/pixel // superficies por digitalización de ortofoto de 0,25 m/pixel // superficie por levantamiento topográfico en el terreno.

La comparación entre superficies obtenidas por digitalización sobre ortofoto de 1 m/pixel y superficies calculadas por levantamiento topográfico en el terreno, ya fue analizada en el apartado 7.2.4 de este Capítulo. Los errores medios detectados entre ambas variables fueron del 4 % (error superficial relativo) y de 0,7 m. (I.L.L.). La pregunta que nos planteamos ahora es: ¿la digitalización sobre ortofotografía digital de 0,25 m/pixel generará distintos errores cuando se compara con las superficies calculadas por levantamiento topográfico en el terreno?

Para abordar esta cuestión se dispone de 52 parcelas, 43 en el polígono 3 y 9 en el polígono 5, sobre un total de 148 Has. Por el bajo número de parcelas del polígono 5, consideraremos todas ellas en un mismo grupo. Sus estadísticos descriptivos básicos son:

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Superficie_digitalización_ortofoto025m	52	252	219982	1480774	28476,42	7189,36	51843,20
Superficie de las fincas digitalizadas medida en el terreno	52	183	221032	1482225	28504,33	7207,15	51971,51



Se observa que las medias de las superficies consideradas son bastante similares, ligeramente superior la superficie deducida por levantamiento topográfico en el terreno. La variabilidad en el tipo de parcelas queda de manifiesto en los gráficos anteriores.



Veamos si las diferencias entre dichas medias son estadísticamente significativas:

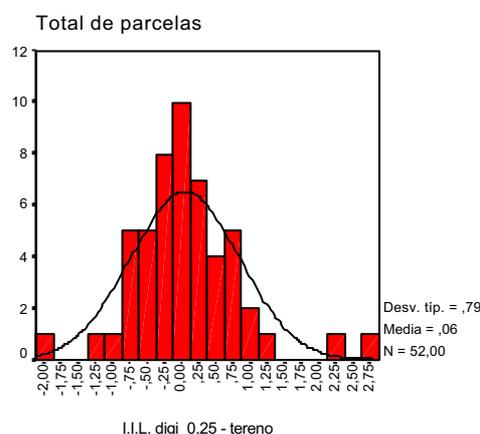
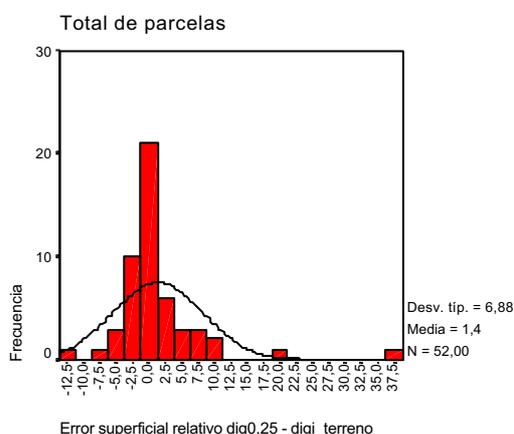
Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior				Superior
Superficie digitalización_ortofoto025m - Superficie medida en el terreno	-27,90	544,03	75,44	-179,36	123,55	-,370	51	,713

El valor de la significación bilateral, mucho mayor que 0.1, indica que no existen diferencias significativas entre dichas variables a un nivel de confianza del 95 %, y sus diferencias pueden explicarse simplemente por el azar. Analicemos, cuantitativa y cualitativamente, cómo son estas diferencias, a través de los errores superficiales relativos de los Índices de Indeterminación del Lindero y de los histogramas de frecuencias de dichos valores:

Estadísticos descriptivos

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Error superficial relativo digi_0,25 - digi_terreno	52	49,26	-11,56	37,70	1,3550	,9535	6,8760
ABS[Error superficial relativo digi0,25 - digi_terreno]	52	37,70	,00	37,70	3,5762	,8333	6,0092
Error lineal digi_0,25 -digi_terreno	52	4,91	-2,05	2,86	5,524E-02	,1102	,7945
ABS[Error lineal digi_0,25 -digi_terreno]	52	2,86	,00	2,86	,5464	7,965E-02	,5744



Los valores están mucho mejor centrados considerados como Índices de Indeterminación del Lindero que como Errores Superficiales Relativos y el ajuste a la curva normal es mucho más preciso. Los valores atípicos del primer gráfico quedan mejor integrados en el segundo, disminuyendo considerablemente en éste los índices de dispersión.



La media del error superficial relativo resulta ser de +1,4 % y la media de los valores absolutos de 3,6 % (+0,8 % y 4,5 % respectivamente en la comparación ortofoto_1m/terreno). Es decir, los errores absolutos superficiales son menores en la digitalización sobre ortofoto de 0,25 m/pixel, aunque el valor medio del error sea mayor. En cuanto a los I.I.L. el resultado es de +6 cm. para valores medios y 55 cm. para los valores absolutos (+2 cm. y 72 cm. respectivamente en la comparación ortofoto 1m_terreno). Vuelven a ser inferiores los I.I.L. absolutos en la digitalización sobre ortofoto de 0,25 m/pixel.

La conclusión general del presente estudio es que se parecen más a la realidad del terreno las digitalizaciones hechas sobre ortofotografía digital de 0,25 m/pixel, pero estas diferencias no son lo suficientemente grandes para considerarlas como significativas. Teóricamente, una mayor resolución (menor tamaño del pixel) en la ortofotografía digital debería generar mayor precisión en la obtención de la superficie catastral, ya que también será más preciso el posicionamiento de los vértices del lindero. Pero, en la práctica, parece que un nivel de resolución de 1 m/pixel logra suficiente seguridad en la obtención de la superficie catastral como para no diferenciarse significativamente de otros niveles de resolución mayores.

En este mismo sentido, es interesante hacer constar que el posible efecto “bloque” en las digitalizaciones de polígonos parcelarios, puede hacer que los errores cometidos en una parcela sean absorbidos por otros errores de sentido contrario de las parcelas colindantes y los errores individuales queden de esta forma en cierto modo enmascarados. Para posteriores estudios y para intentar evitar esto, tal vez fuera interesante digitalizar sobre parcelas aisladas, de forma que los errores producidos sean totalmente independientes.



7.2.6 OBJETIVO 6: Estudiar cómo influye el nivel de visualización de la ortofotografía durante la digitalización en pantalla, en la obtención de la superficie catastral.

En el proceso de digitalización en pantalla sobre la ortofotografía digital para la definición de linderos de fincas rústicas, es fundamental apreciar con buen detalle las zonas que delimitan dichas fincas rústicas. En general, este nivel de aproximación es controlable por el operador y, en función de la necesidad en cada momento, se modifica el nivel de zoom aplicado a la visualización. Pero las ortofotografías digitales son imágenes con un determinado tamaño de pixel y, como ya fue desarrollado en el Capítulo 2, este tamaño limita el zoom máximo a aplicar. Por otro lado, un zoom demasiado pequeño puede generar errores por falta de apreciación, que se traducen en una gran indeterminación física del lindero.

Los Sistemas de Información Geográfica en general, también GEOMEDIA® Profesional, permiten digitalizar imágenes a un nivel de zoom constante, predefinido por el operador, o directamente hacerlo con zoom variable.

A primera vista, parece interesante averiguar si el nivel de zoom utilizado durante la digitalización puede influir de alguna forma en el valor de la superficie catastral rústica y así poder fijar un nivel óptimo, uno mínimo y uno máximo para que los errores no superen ciertos límites.

El ensayo se va a realizar sobre ortofotografía digital de 1 m/pixel, y los distintos niveles de zoom a considerar son :

Nivel 1	Visualización a 1:2.000
Nivel 2	Visualización a 1:1.000
Nivel 3	Visualización a 1:500
Nivel 4	Visualización con zoom variable

El estudio se realizará en dos fases: la primera, intentará detectar diferencias significativas entre los distintos niveles de zoom y la segunda, definirá cuál de ellos genera superficies más parecidas a la realidad.

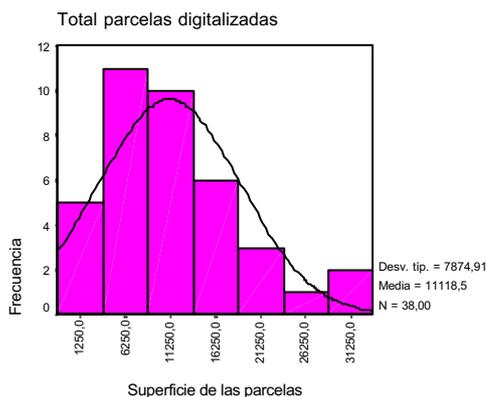


Comparación entre los distintos niveles de visualización.

Para realizar este ensayo, se han digitalizado 38 fincas rústicas pertenecientes al Polígono 2 de Baños de Rioja (La Rioja), que ocupan un total de 42 Has., con los cuatro niveles predefinidos anteriormente y se han obtenido sus superficies directamente de la base de datos Access generada por el propio Sistema de Información Geográfica. Los estadísticos descriptivos básicos han resultado ser los siguientes:

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Superficie en visualización 1:2.000	38	1159	31582	419241	11032,66	1275,51	7862,77
Superficie en visualización 1:1.000	38	1044	31987	422502	11118,47	1277,48	7874,91
Superficie en visualización 1:500	38	1055	31944	422729	11124,45	1276,34	7867,91
Superficie en visualización a escala variable	38	1018,00	31718,00	424490,00	11170,7895	1283,7420	7913,5174



La superficie media de las parcelas digitalizadas es de poco más de 1 Ha. y existe suficiente variabilidad, como se muestra en el gráfico adjunto. Existen parcelas desde 0,1 Ha. hasta 3,2 Has. El ajuste a una curva normal es bastante bueno.

Como era de esperar, los resultados de las superficies medias en cada nivel de visualización, son muy similares. Pero las diferencias que existen entre ellas pueden ser significativas y para ello, realizaremos la prueba T para muestras relacionadas, que da el siguiente resultado:

Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Superficie en visualización 1:2.000 - Superficie en visualización 1:1.000	-85,82	172,66	28,01	-142,57	-29,06	-3,064	37	,004
Par 2	Superficie en visualización 1:2.000 - Superficie en visualización 1:500	-91,79	204,49	33,17	-159,00	-24,58	-2,767	37	,009
Par 3	Superficie en visualización 1:2.000 - Superficie en visualización a escala variable	-138,1316	239,3838	38,8332	-216,8151	-59,4481	-3,557	37	,001
Par 4	Superficie en visualización 1:1.000 - Superficie en visualización 1:500	-5,97	212,78	34,52	-75,91	63,97	-,173	37	,864
Par 5	Superficie en visualización 1:1.000 - Superficie en visualización a escala variable	-52,3158	208,7712	33,8672	-120,9372	16,3056	-1,545	37	,131
Par 6	Superficie en visualización 1:500 - Superficie en visualización a escala variable	-46,3421	266,4110	43,2176	-133,9092	41,2250	-1,072	37	,291



Se observa que existe una muy alta significación en todas las comparaciones en que interviene la digitalización hecha a un nivel de zoom 1:2.000. Este nivel de zoom es significativamente diferente a cualquiera de los otros. La digitalización a un nivel de zoom de 1:2.000 fue la que menor media superficial generó. El resto de comparaciones, no presentan diferencias significativas.

Para ser conscientes de las diferencias que realmente se han producido entre los cuatro niveles de visualización, vamos a analizar los errores superficiales relativos:

Estadísticos descriptivos

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Error superficial 1:2.000 - 1:1.000	38	15,26	-9,92	5,34	,8746	,4185	2,5799
ABS[Error superficial 1:2.000 - 1:1.000]	38	9,92	,00	9,92	1,8765	,3173	1,9557
Error superficial 1:2.000 - 1:500	38	14,32	-8,97	5,35	1,1124	,4373	2,6959
ABS[Error superficial 1:2.000 - 1:500]	38	8,94	,03	8,97	2,2373	,2990	1,8434
Error superficial 1:2.000 - Escala variable	38	19,36	-12,17	7,19	,7954	,5476	3,3758
ABS[Error superficial 1:2.000 - Escala variable]	38	11,97	,20	12,17	2,3704	,4064	2,5050
Error superficial 1:1.000 - 1:500	38	9,30	-4,39	4,91	,2552	,3450	2,1270
ABS[Error superficial 1:1.000 - 1:500]	38	4,83	,07	4,91	1,5679	,2332	1,4374
Error superficial 1:1.000 -Escala variable	38	10,33	-4,67	5,66	-7,236E-02	,3996	2,4633
ABS[Error superficial 1:1.000 -Escala variable]	38	5,64	,02	5,66	1,8891	,2517	1,5518
Error superficial 1:500 -Escala variable	38	13,38	-7,48	5,90	-,2820	,5302	3,2682
ABS[Error superficial 1:500 -Escala variable]	38	7,31	,17	7,48	2,6114	,3145	1,9389

Tomando como estadístico de comparación la media de los valores absolutos superficiales relativos, por considerarlo más significativo, se observan las mayores diferencias entre la escala 1:500 y la visualización variable (2,6 %), seguidos de cerca por la comparación entre la escala 1:2.000 y la visualización variable (2,4 %). Las menores diferencias se dan en la comparación entre las escalas 1:1.000 y 1:500 (1,6 %) y en la comparación entre 1:2.000 y 1:1.000 (1,9 %).

Vemos pues que los errores superficiales relativos entre los distintos niveles de zoom en la digitalización sobre ortofotografía digital están en torno al 2 %.

Iguals consideraciones pueden establecerse para el caso de los Índices de Indeterminación de los Linderos (I.I.L.), cuyos estadísticos descriptivos resultan ser:



Estadísticos descriptivos

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Dev. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
I.I.L. 1:2.000 -1:1.000	38	2,02	-,65	1,37	,1989	6,117E-02	,3771
ABS [I.I.L. 1:2.000 -1:1.000]	38	1,37	,00	1,37	,3259	4,404E-02	,2715
I.I.L. 1:2.000 -1:500	38	1,68	-,60	1,08	,2117	6,934E-02	,4274
ABS [I.I.L. 1:2.000 -1:500]	38	1,07	,01	1,08	,3919	4,322E-02	,2664
I.I.L. 1:2.000 -Escala variable	38	2,43	-,80	1,63	,2493	8,769E-02	,5406
ABS [I.I.L. 1:2.000 -Escala variable]	38	1,60	,03	1,63	,4297	6,619E-02	,4080
I.I.L. 1:1.000 - 1:500	38	1,76	-,89	,87	1,373E-02	6,351E-02	,3915
ABS [I.I.L. 1:1.000 - 1:500]	38	,87	,02	,89	,2859	4,276E-02	,2636
I.I.L. 1:1.000 - Escala variable	38	1,97	-,67	1,30	5,105E-02	7,224E-02	,4453
ABS [I.I.L. 1:1.000 - Escala variable]	38	1,29	,01	1,30	,3387	4,678E-02	,2884
I.I.L. 1:500 - Escala variable	38	2,58	-,37	1,21	3,964E-02	9,520E-02	,5868
ABS [I.I.L. 1:500 - Escala variable]	38	1,34	,03	1,37	,4719	5,554E-02	,3424

Las mayores indeterminaciones se dan entre la visualización 1:500 y la visualización a escala variable (0,47 m.) y entre la 1:2.000 y la escala variable (0,43 m.). Los menores Índices aparecen en la comparación 1:1.000 – 1:500, con 0,29 m. y en la 1:2.000 – 1:1.000, con 0,33 m.

Los resultados son pues bastante coincidentes y de ellos se deduce claramente que respecto a la digitalización a escala variable (que es la que lógicamente se debe aplicar) los mayores errores se dan con las digitalizaciones extremas 1:2.000 y 1:500.

Comparación de los distintos niveles de visualización con la “verdad terreno”.

De las 38 fincas rústica digitalizadas a todos los niveles de visualización considerados anteriormente, 32 habían sido levantadas por métodos topográficos en el terreno y deducida su superficie agraria real. En este ensayo vamos a comparar las superficies catastrales de esas 32 parcelas, obtenidas en las distintas digitalizaciones según el nivel de zoom, con la “verdad terreno” que representa el resultado del levantamiento topográfico.

Los estadísticos descriptivos son los siguientes:

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Dev. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Superficie en visualización 1:2.000	32	1159	31582	364924	11403,88	1485,22	8401,69
Superficie en visualización 1:1.000	32	1044	31987	367164	11473,88	1486,74	8410,27
Superficie en visualización 1:500	32	1055	31944	367510	11484,69	1487,25	8413,14
Superficie en digitalización a escala variable	32	1018	31718	368978	11530,56	1493,12	8446,39
Superficie de las fincas en el levantamiento	32	887	31905	366977	11468,03	1506,05	8519,52



Para comprobar si existen diferencias significativas entre los distintos niveles de visualización y la “verdad terreno”, realizaremos la Prueba T para muestras relacionadas, dando ésta el siguiente resultado:

Prueba T de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Superficie en visualización 1:2.000 - Superficie de las fincas en el levantamiento	-64,16	717,63	126,86	-322,89	194,58	-,506	31	,617
Par 2	Superficie en visualización 1:1.000 - Superficie de las fincas en el levantamiento	5,84	661,21	116,89	-232,55	244,24	,050	31	,960
Par 3	Superficie en visualización 1:500 - Superficie de las fincas en el levantamiento	16,66	832,82	147,22	-283,61	316,92	,113	31	,911
Par 4	Superficie en digi 1m a escala variable - Superficie de las fincas en el levantamiento	62,53	718,55	127,02	-196,53	321,60	,492	31	,626

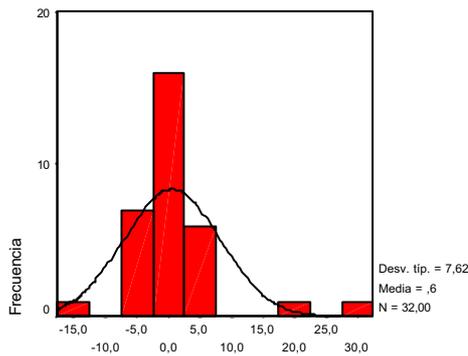
Curiosamente, la prueba nos indica que no existen diferencias significativas entre los distintos niveles de visualización y la “verdad terreno”. El menor índice de significación se da en la comparación 1:2.000-terreno, pero las diferencias distan mucho de ser significativas. El mayor índice se obtiene en la comparación 1:1.000-terreno y por tanto, ésta sería la comparación con mayor similitud. Lo que nos indica, que la digitalización debe tender a hacerse en torno a 1:1.000.

Pero antes de afirmar esto con rotundidad, deberíamos comprobar si los errores superficiales relativos y los I.I.L. son mínimos para esta pareja de variables. Así, tenemos:

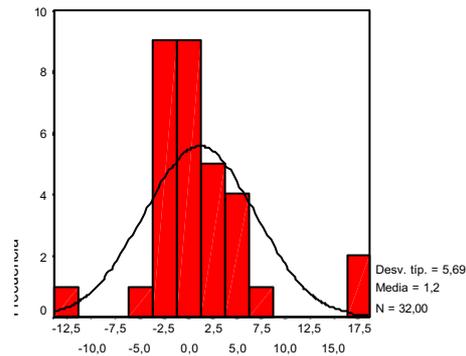
Estadísticos descriptivos

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Errores superficiales entre visualización 1:2000 y el terreno	32	44,71	-14,04	30,67	,5618	1,3471	7,6202
Errores superficiales entre visualización 1:1000 y el terreno	32	31,14	-13,44	17,70	1,1624	1,0063	5,6923
Errores superficiales entre visualización 1:500 y el terreno	32	38,80	-15,58	23,22	1,4123	1,2133	6,8635
Errores superficiales entre visualización variable y el terreno	32	32,68	-12,67	20,01	1,0601	1,1029	6,2390
Valor absoluto de los errores superficiales entre visualización 1:2000 y el terreno	32	30,49	,17	30,67	4,3708	1,0993	6,2188
Valor absoluto de los errores superficiales entre visualización 1:1000 y el terreno	32	17,55	,15	17,70	3,6328	,7940	4,4915
Valor absoluto de los errores superficiales entre visualización 1:500 y el terreno	32	23,10	,12	23,22	4,3574	,9612	5,4375
Valor absoluto de los errores superficiales entre visualización variable y el terreno	32	19,84	,16	20,01	4,0254	,8544	4,8332

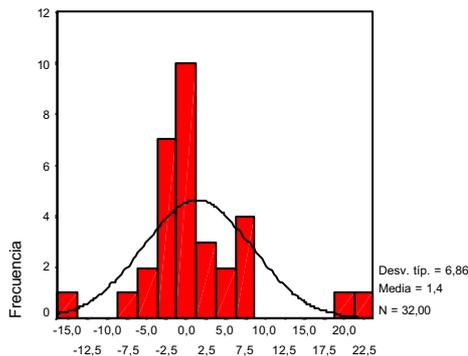
Los mayores errores superficiales relativos (en valor absoluto) se dan en las comparaciones 1:2.000-terreno y 1:500-terreno, siendo por tanto estos niveles de visualización los que más se alejan de la “verdad terreno”. El nivel de visualización que más se ajusta a la realidad es el 1:1.000 (incluso más que la visualización variable), ya que genera los mínimos errores superficiales relativos y además es el que menos dispersión presenta.



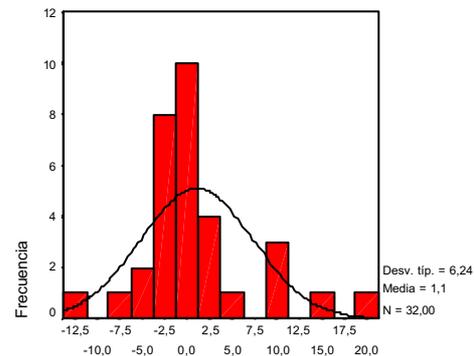
Errores superficiales entre visualización 1:2000 y el terreno



Errores superficiales entre visualización 1:1000 y el terreno



Errores superficiales entre visualización 1:500 y el terreno



Errores superficiales entre visualización variable y terreno

Las distribuciones son un tanto heterogéneas, tal vez debido al escaso número de parcelas que intervienen. Vemos, en la gráfica de errores superficiales entre visualización 1:1.000 y el terreno, una mayor concentración de valores en las posiciones centrales, lo que hace que la media de valores absolutos disminuya.

Analicemos ahora qué sucede con los Índices de Indeterminación de Linderos, cuyos estadísticos descriptivos son:

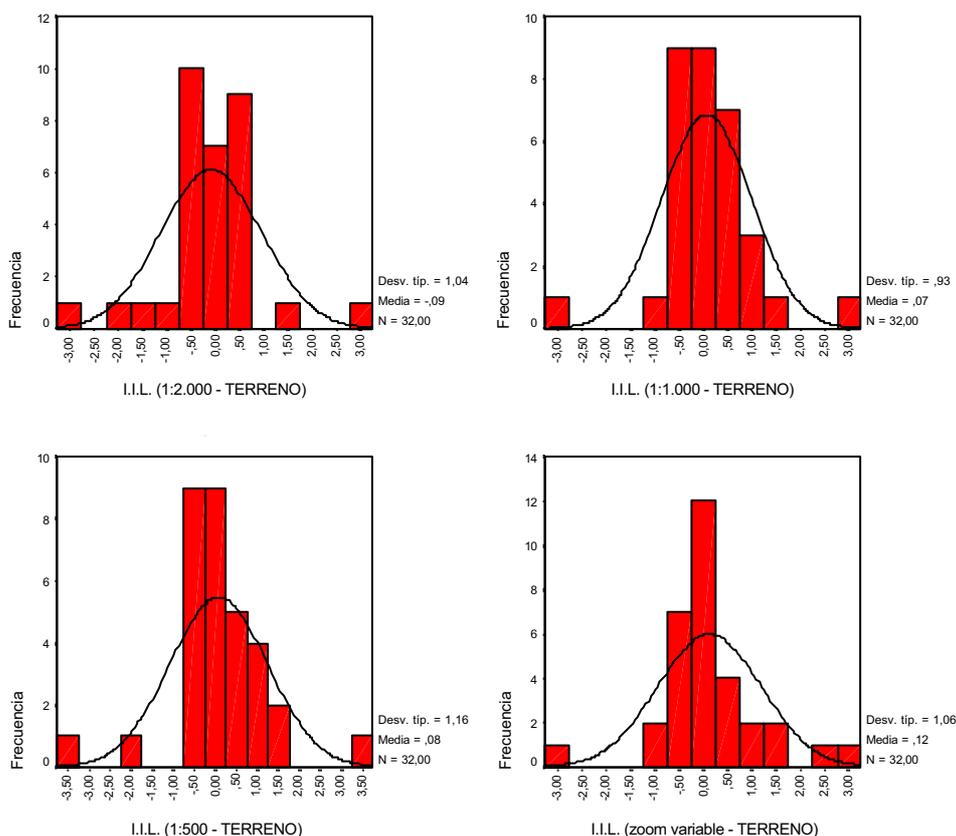
Estadísticos descriptivos

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
I.I.L. (1:2.000-terreno)	32	6,28	-3,20	3,08	-8,672E-02	,1840	1,0409
I.I.L. (1:1.000-terreno)	32	5,82	-3,06	2,76	6,586E-02	,1639	,9270
I.I.L. (1:500-terreno)	32	7,21	-3,55	3,66	7,855E-02	,2058	1,1645
I.I.L. (zoom variable-terreno)	32	6,04	-2,89	3,16	,1224	,1873	1,0595
ABS [I.I.L. (1:2.000-terreno)]	32	3,18	,01	3,20	,7030	,1348	,7623
ABS [I.I.L. (1:1.000-terreno)]	32	3,05	,01	3,06	,6181	,1211	,6851
ABS [I.I.L. (1:500-terreno)]	32	3,63	,03	3,66	,7576	,1551	,8774
ABS [I.I.L. (zoom variable-terreno)]	32	3,12	,04	3,16	,6813	,1435	,8116

Los resultados son totalmente coincidentes: el mejor nivel de visualización para determinación de la superficie catastral es el 1:1.000, que



genera una indeterminación media del lindero, en valor absoluto, de 0,62 m. con respecto a la superficie real de las parcelas. Los peores resultados se obtienen con digitalización a 1:500 y digitalización a 1:2.000.



Los histogramas de Índices de Indeterminación del Lindero presentan una distribución muy bien centrada, entre -3 m. y $+3$ m. y una acumulación de valores en las posiciones centrales, especialmente en la comparación entre la escala de visualización 1:1.000 y el terreno.

Como conclusión general del ensayo, y teniendo en cuenta que todo el trabajo se ha realizado sobre ortofotografía de 1m/pixel, cabría definir como niveles de visualización límite 1:2.000 y 1:500, y como nivel óptimo en torno al cual debe hacerse la digitalización variable, el determinado por la visualización 1:1.000.



7.2.7 OBJETIVO 7: Determinar las limitaciones en el uso de formatos comprimidos de imagen en la digitalización en pantalla de ortofotografías digitales.

En este estudio se va a tratar de definir si los distintos factores de compresión de imagen, dentro del proceso de digitalización de ortofotografías digitales, influyen en el valor obtenido de la superficie catastral de las parcelas rústicas. Para ello se va a digitalizar el Polígono 3 del municipio de Baños de Rioja (La Rioja) en su conjunto, abarcando un total de 62 Has. e incluyendo 59 fincas rústicas.

La metodología a seguir será muy similar al estudio realizado anteriormente sobre los niveles de visualización. Primero se hará una comparación entre los distintos niveles de compresión de imagen, para detectar las posibles diferencias significativas entre ellos. Luego, se comparará cada uno de ellos con la “verdad terreno” deducida por el levantamiento topográfico de las parcelas, para decidir hasta qué grado de compresión se puede llegar sin que los errores alcancen valores intolerables.

En el Capítulo 2 ya se adelantaban los posibles factores de compresión que, en principio, podían ser viables para trabajar a partir de ortofotografía digital de 1 m/pixel. Estos factores serán:

- Factor 1..... Nivel de compresión 0 (imagen sin comprimir)
- Factor 2..... Nivel de compresión 1/5
- Factor 3..... Nivel de compresión 1/10
- Factor 4..... Nivel de compresión 1/20
- Factor 5..... Nivel de compresión 1/50

Para todos los factores de compresión, la digitalización ha sido en todo momento variable en cuanto al zoom de visualización. Las compresiones del formato original TIFF se realizaron con el software Photoshop[®] 6.0 de Adobe[®], a formatos de fichero tipo JPEG, manteniendo los 8 bits de niveles de gris.



Comparación entre los distintos niveles de compresión de imagen.

Una vez digitalizadas las 59 fincas rústicas del Polígono 3 para los distintos niveles de compresión, obtenidas sus superficies catastrales y extraídos los datos de la base de datos del GIS, los estadísticos descriptivos básicos han sido los siguientes:

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. típ.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Superficie sin compresión	59	2057	53284	624731	10588,66	1268,97	9747,12
Superficie comprimidas con factor 5	59	2144	53337	622304	10547,53	1265,32	9719,14
Superficie comprimidas con factor 10	59	2003	52702	623780	10572,54	1261,04	9686,20
Superficie comprimidas con factor 20	59	2056	52539	622567	10551,98	1255,98	9647,39
Superficie comprimidas con factor 50	59	2284	53116	625262	10597,66	1262,91	9700,57

Como se observa, las superficies quedan comprendidas entre las 0,2 Has. y algo más de 5 Has., con una media de poco más de 1 Ha. A simple vista, las medias tienen bastante similitud. Veamos si las diferencias son estadísticamente significativas:

Prueba T de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Superficie sin compresión - Superficie de las parcelas comprimidas con factor 5	41,14	253,46	33,00	-24,92	107,19	1,247	58	,218
Par 2	Superficie sin compresión - Superficie de las parcelas comprimidas con factor 10	16,12	308,91	40,22	-64,38	96,62	,401	58	,690
Par 3	Superficie sin compresión - Superficie de las parcelas comprimidas con factor 20	36,68	356,67	46,43	-56,27	129,63	,790	58	,433
Par 4	Superficie sin compresión - Superficie de las parcelas comprimidas con factor 50	-9,00	368,45	47,97	-105,02	87,02	-,188	58	,852
Par 5	Superficie de las parcelas comprimidas con factor 5 - Superficie de las parcelas comprimidas con factor 10	-25,02	218,94	28,50	-82,07	32,04	-,878	58	,384
Par 6	Superficie de las parcelas comprimidas con factor 5 - Superficie de las parcelas comprimidas con factor 20	-4,46	279,23	36,35	-77,23	68,31	-,123	58	,903
Par 7	Superficie de las parcelas comprimidas con factor 5 - Superficie de las parcelas comprimidas con factor 50	-50,14	356,92	46,47	-143,15	42,88	-1,079	58	,285
Par 8	Superficie de las parcelas comprimidas con factor 10 - Superficie de las parcelas comprimidas con factor 20	20,56	190,09	24,75	-28,98	70,10	,831	58	,410
Par 9	Superficie de las parcelas comprimidas con factor 10 - Superficie de las parcelas comprimidas con factor 50	-25,12	342,56	44,60	-114,39	64,15	-,563	58	,575
Par 10	Superficie de las parcelas comprimidas con factor 20 - Superficie de las parcelas comprimidas con factor 50	-45,68	381,07	49,61	-144,99	53,63	-,921	58	,361

De la prueba estadística realizada, se deduce que no hay diferencias significativas entre los distintos factores de compresión utilizados y, en los valores de significación bilateral calculados, no se observan tendencias claras. Sí se aprecian incrementos constante en los valores de dispersión de las diferencias relacionadas dentro de cada subgrupo. Conviene analizar los errores superficiales relativos e Índices de Indeterminación de los Linderos para intentar obtener alguna conclusión.



Los estadísticos descriptivos de los errores superficiales relativos son:

	Estadísticos descriptivos						
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Error Superficial (sin compresión - compresión 1/5)	59	17,52	-11,30	6,22	-,3696	,4843	3,7202
Error Superficial (sin compresión - compresión 1/10)	59	25,28	-16,80	8,48	,1915	,4854	3,7284
Error Superficial (sin compresión - compresión 1/20)	59	30,58	-18,30	12,28	4,173E-02	,5878	4,5153
Error Superficial (sin compresión - compresión 1/50)	59	27,17	-12,01	15,17	,3676	,6504	4,9960
Error Superficial (compresión 1/5 - compresión 1/10)	59	23,19	-6,58	16,62	,6166	,4402	3,3814
Error Superficial (compresión 1/5 - compresión 1/20)	59	31,66	-14,48	17,18	,4772	,5838	4,4844
Error Superficial (compresión 1/5 - compresión 1/50)	59	38,16	-15,81	22,34	,8272	,7019	5,3911
Error Superficial (compresión 1/10 - compresión 1/20)	59	18,70	-9,35	9,35	-,1352	,4023	3,0899
Error Superficial (compresión 1/10 - compresión 1/50)	59	39,55	-17,96	21,59	,2933	,7683	5,9011
Error Superficial (compresión 1/20 - compresión 1/50)	59	40,70	-17,62	23,08	,5007	,8227	6,3191
ABS [Error Superficial (sin compresión - compresión 1/5)]	59	11,29	,01	11,30	2,6665	,3381	2,5974
ABS [Error Superficial (sin compresión - compresión 1/10)]	59	16,76	,04	16,80	2,5086	,3574	2,7454
ABS [Error Superficial (sin compresión - compresión 1/20)]	59	18,29	,01	18,30	3,0717	,4277	3,2850
ABS [Error Superficial (sin compresión - compresión 1/50)]	59	15,11	,06	15,17	3,5385	,4577	3,5158
ABS [Error Superficial (compresión 1/5 - compresión 1/10)]	59	16,58	,03	16,62	2,1742	,3447	2,6479
ABS [Error Superficial (compresión 1/5 - compresión 1/20)]	59	17,17	,01	17,18	2,9831	,4374	3,3600
ABS [Error Superficial (compresión 1/5 - compresión 1/50)]	59	22,26	,08	22,34	3,7352	,5137	3,9456
ABS [Error Superficial (compresión 1/10 - compresión 1/20)]	59	9,31	,05	9,35	2,1192	,2910	2,2356
ABS [Error Superficial (compresión 1/10 - compresión 1/50)]	59	21,56	,03	21,59	3,7367	,5924	4,5504
ABS [Error Superficial (compresión 1/20 - compresión 1/50)]	59	22,99	,10	23,08	3,8596	,6514	5,0033

Curiosamente, los mayores errores superficiales, en valor absoluto, se dan en aquellas comparaciones en las que interviene la compresión 1/50 (valores en color rojo en la tabla), dando un error entre 3,5 % y 3,9 %. Las mejores comparaciones, que dan errores superficiales relativos en valor absoluto mínimos, en torno al 2,2 %, son la 1/5-1/10 y la 1/10-1/20. La comparación “sin compresión – compresión 1/20”, da un error intermedio del 3,1 %, que puede ya considerarse elevado.

Por lo expuesto, cabría aconsejar la no utilización de formatos comprimidos a partir de ortofotografía digital de 1 m/pixel, con factores de compresión superiores a 1/10. Con ello, se mantendrá el rango de error superficial relativo medio por debajo del 2,7 %.

Estudiando los Índices de Indeterminación de los Linderos para estas mismas comparaciones, tenemos el siguiente resultado:

	Estadísticos descriptivos						
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
ABS (I.L.L. sin compresión - compresión 1/5)	59	2,52	,00	2,52	,4378	5,392E-02	,4142
ABS (I.L.L. sin compresión - compresión 1/10)	59	3,81	,01	3,82	,4329	6,955E-02	,5342
ABS (I.L.L. sin compresión - compresión 1/20)	59	4,16	,00	4,16	,5309	7,943E-02	,6102
ABS (I.L.L. sin compresión - compresión 1/50)	59	2,72	,01	2,73	,5869	7,173E-02	,5510
ABS (I.L.L. compresión 1/5 - compresión 1/10)	59	1,38	,00	1,38	,3325	3,903E-02	,2998
ABS (I.L.L. compresión 1/5 - compresión 1/20)	59	1,76	,00	1,77	,4589	5,316E-02	,4083
ABS (I.L.L. compresión 1/5 - compresión 1/50)	59	3,26	,01	3,26	,5833	7,110E-02	,5462
ABS (I.L.L. compresión 1/10 - compresión 1/20)	59	1,19	,01	1,20	,3252	3,570E-02	,2742
ABS (I.L.L. compresión 1/10 - compresión 1/50)	59	3,14	,01	3,14	,5653	7,469E-02	,5737
ABS (I.L.L. compresión 1/20 - compresión 1/50)	59	3,41	,02	3,43	,6049	8,642E-02	,6638



Los resultados son totalmente concordantes con los obtenidos para el error superficial relativo. En las comparaciones en que interviene la compresión 1/50 el I.I.L. ronda los 0,6 m., mientras que los mínimos valores de I.I.L. (0,33 m.), se dan en la comparación 1/5-1/10 y en la comparación 1/10-1/20. Para no superar los 0,5 m. de Indeterminación del Lindero, es pues recomendable no superar la compresión de 1/10 de la imagen original.

Determinar a partir de qué factor de compresión, las diferencias con la superficie real de las parcelas, no son tolerables.

Sobre las mismas parcelas anteriores y comparando la superficie digitalizada con la superficie agraria obtenida por levantamiento topográfico, tenemos datos para 43 de ellas y los estadísticos descriptivos son los siguientes:

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. tip.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Superficie de las fincas digitalizadas medida en el terreno	43	2103	54523	509813	11856,12	1558,58	10220,30
Superficie de las parcelas comprimidas con factor 5	43	2144	53337	507745	11808,02	1546,92	10143,83
Superficie de las parcelas comprimidas con factor 10	43	2003	52702	508526	11826,19	1540,00	10098,45
Superficie de las parcelas comprimidas con factor 20	43	2056	52539	507636	11805,49	1533,75	10057,47
Superficie de las parcelas comprimidas con factor 50	43	2369	53116	510223	11865,65	1544,61	10128,70

La superficie total estudiada supera las 50 Has de terreno, en 43 fincas rústicas, con una superficie media de 1,2 Has. La prueba T de muestras relacionadas, para la detección de diferencias significativas, da el siguiente resultado:

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior				Superior
Par 1 Superficie de las fincas digitalizadas medida en el terreno Superficie de las parcelas comprimidas con factor 5	48,09	491,40	74,94	-103,14	199,32	,642	42	,525
Par 2 Superficie de las fincas digitalizadas medida en el terreno Superficie de las parcelas comprimidas con factor 10	29,93	616,28	93,98	-159,73	219,59	,318	42	,752
Par 3 Superficie de las fincas digitalizadas medida en el terreno Superficie de las parcelas comprimidas con factor 20	50,63	606,19	92,44	-135,93	237,18	,548	42	,587
Par 4 Superficie de las fincas digitalizadas medida en el terreno Superficie de las parcelas comprimidas con factor 50	-9,53	590,32	90,02	-191,21	172,14	-,106	42	,916

No existen diferencias significativas entre las medias de los distintos niveles de compresión, ni con la superficie real agraria de las parcelas. Debemos estudiar por tanto, los errores existentes entre ellas.



Los errores superficiales relativos de los distintos grados de compresión, comparados con la superficie medida en el terreno por métodos topográficos, resultan ser:

Estadísticos descriptivos							
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
Error superficial (sin compresión - terreno)	43	30,93	-12,81	18,13	,5033	,9243	6,0613
Error superficial (compresión 1/5 - terreno)	43	33,54	-15,56	17,98	-,2537	,8710	5,7116
Error superficial (compresión 1/10 - terreno)	43	31,29	-11,03	20,25	,1578	,9460	6,2035
Error superficial (compresión 1/20 - terreno)	43	39,45	-13,52	25,93	,2522	1,0591	6,9452
Error superficial (compresión 1/50 - terreno)	43	32,68	-20,03	12,65	,5828	,9292	6,0931
ABS [Error superficial (sin compresión - terreno)]	43	17,91	,21	18,13	4,2426	,6572	4,3094
ABS [Error superficial (compresión 1/5 - terreno)]	43	17,84	,14	17,98	3,9362	,6255	4,1020
ABS [Error superficial (compresión 1/10 - terreno)]	43	20,21	,04	20,25	4,4600	,6496	4,2595
ABS [Error superficial (compresión 1/20 - terreno)]	43	25,88	,05	25,93	4,7271	,7689	5,0423
ABS [Error superficial (compresión 1/50 - terreno)]	43	19,62	,41	20,03	4,3812	,6438	4,2217

Todos los factores de compresión generan errores superficiales relativos medios (en valor absoluto), superiores a la no compresión, a excepción del factor 1/5. Esto resulta bastante atípico y puede ser debido a que los errores “sin compresión” son excesivamente grandes en la comparación con el terreno (4,2 %). Parece pues, que compresiones de 1/5 no afectan a la calidad de la superficie catastral deducida.

Veamos si sucede lo mismo con los Índices de Indeterminación del Lindero. Los estadísticos descriptivos de estos índices son:

Estadísticos descriptivos							
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media		Desv. tip.
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico
IIL (sin compresión - terreno)	43	4,30	-1,47	2,83	5,563E-02	,1499	,9829
IIL (compresión 1/5 - terreno)	43	3,86	-1,48	2,39	-6,243E-02	,1352	,8866
IIL (compresión 1/10 - terreno)	43	4,59	-1,98	2,61	-2,691E-02	,1573	1,0316
IIL (compresión 1/20 - terreno)	43	5,40	-2,34	3,06	-2,756E-02	,1636	1,0729
IIL (compresión 1/50 - terreno)	43	4,94	-2,90	2,04	2,895E-02	,1458	,9559
ABS [IIL (sin compresión - terreno)]	43	2,79	,04	2,83	,7144	,1019	,6684
ABS [IIL (compresión 1/5 - terreno)]	43	2,36	,02	2,39	,6544	9,042E-02	,5929
ABS [IIL (compresión 1/10 - terreno)]	43	2,60	,01	2,61	,7565	,1055	,6921
ABS [IIL (compresión 1/20 - terreno)]	43	3,05	,01	3,06	,7760	,1116	,7318
ABS [IIL (compresión 1/50 - terreno)]	43	2,85	,05	2,90	,7224	9,406E-02	,6168

La tabla muestra resultados similares. Las digitalizaciones sobre formatos comprimidos 1/5 (I.I.L. 0,65 m.) mejoran incluso las realizadas sobre ortofotos sin comprimir (I.I.L. 0,71 m.). El resto de compresiones aumentan sus índices ligeramente, pero las diferencias son mínimas. En este caso parece más lógico guiarse por lo establecido en los errores superficiales relativos.



7.2.8 OBJETIVO 8: Estudiar la influencia de las infraestructuras viales en los errores superficiales de las parcelas agrícolas.

El presente estudio trata de determinar si existe alguna relación entre el error en la superficie catastral de las parcelas rústicas y el hecho de limitar estas parcelas con vías públicas de distinta categoría. Las carreteras y caminos sufren continuos procesos de mejora, acondicionamiento y/o ampliación, que suelen afectar a las fincas colindantes e invadir en parte su superficie. Estas modificaciones, muchas veces no se reflejan en los planos catastrales ni en las bases de datos catastrales.

Por ello, es lógico pensar que tal vez las parcelas que lindan a vías de comunicación tengan unos errores superficiales que presenten alguna relación con el tipo o categoría de la vía con la que lindan. Además, cuanto mayor es la categoría de la vía, mayor tiende a ser su efecto sobre las parcelas limítrofes.

Así, para realizar este estudio, se han utilizado las herramientas propias del Sistema de Información Geográfica, en cuanto a análisis topológico, para detectar las parcelas que lindan a caminos y carreteras. Previamente, se digitalizaron los ejes de dichos caminos y carreteras sobre la ortofotografía digital, clasificándolos en función de distintas categorías. Mediante la realización de consultas específicas a la base de datos gráfica y alfanumérica del GIS, se generaron bases de datos con las parcelas buscadas, organizadas por los siguientes rangos:

- Tipo 1Parcelas que lindan a carreteras nacionales o comarcales
- Tipo 2Parcelas que lindan a caminos rurales asfaltados.
- Tipo 3Parcelas que lindan a caminos rurales mejorados, sin asfaltar.
- Tipo 4Parcelas que lindan a caminos rurales poco cuidados.
- Tipo 5Parcelas que no lindan a caminos.

Analizaremos cómo se distribuyen los errores superficiales en esas categorías de parcelas e intentaremos determinar si existen diferencias significativas entre sus medias.



Comencemos por analizar el error superficial relativo en sus dos vertientes: media general de valores y media de valores absolutos. Los errores absolutos superficiales considerados serán la diferencia entre la superficie de la base de datos de Catastro y la superficie de la parcela obtenida por levantamiento topográfico.

Realizaremos un análisis de varianza, utilizando como factor el tipo de parcela según la clasificación anterior y como variable dependiente, el error superficial relativo en sus dos modalidades. Para saber qué medias difieren significativamente, efectuaremos contrastes de medias del tipo “Mínima Diferencia Significativa”. Los resultados de dicho análisis son:

Errores Superficiales Relativos [ESR]

Descriptivos

ESR_CAM	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	8	-,1133	14,1256	4,9941	-11,9226	11,6959	-21,86	26,96
2	14	-,2711	5,1410	1,3740	-3,2394	2,6972	-8,43	11,22
3	28	-,5821	10,9384	2,0672	-4,8235	3,6594	-38,68	18,84
4	63	-1,0325	7,3423	,9250	-2,8816	,8167	-15,34	29,87
5	17	-1,5720	7,1959	1,7453	-5,2718	2,1278	-12,82	13,97
Total	130	-,8674	8,4283	,7392	-2,3300	,5951	-38,68	29,87



Se observa que la media de los errores superficiales relativos se hace más negativa, según pasamos de un tipo de parcela al siguiente. Curiosamente se observa, que presentan mínimo error, las parcelas que lindan a carreteras y máximo error, las

que no lindan a caminos. La prueba de significación global, que utiliza la distribución F de Fisher, dio el siguiente resultado:



ANOVA

ESR_CAM

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	21,964	4	5,491	,075	,990
Intra-grupos	9141,643	125	73,133		
Total	9163,607	129			

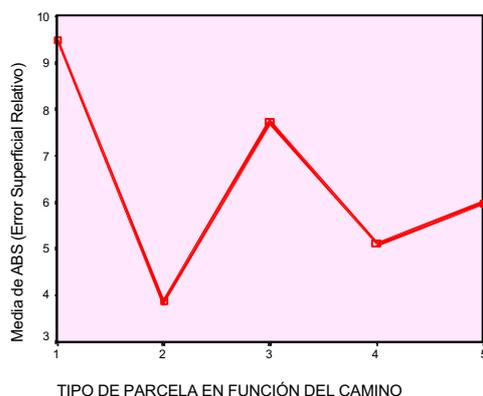
Los valores obtenidos nos indican que no existen diferencias significativas entre los distintos grupos de parcelas considerados. Las diferencias en las medias de los errores superficiales relativos de cada grupo de parcelas no son lo suficientemente grandes, para que, con un grado de confianza del 95 %, podamos decir que existen diferencias entre ellas.

Valor absoluto de los errores superficiales relativos [ABS (ESR)]

Descriptivos

ABSES

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	8	9,4840	9,8362	3,4776	1,2608	17,7073	,56	26,96
2	14	3,8483	3,2497	,8685	1,9719	5,7246	,17	11,22
3	28	7,7202	7,6282	1,4416	4,7623	10,6782	,56	38,68
4	63	5,1047	5,3398	,6728	3,7599	6,4495	,34	29,87
5	17	5,9757	4,0577	,9841	3,8895	8,0620	,41	13,97
Total	130	5,9161	6,0433	,5300	4,8674	6,9648	,17	38,68



Se observa, que la distribución de las medias es bastante irregular y que las diferencias son bastante grandes entre unos grupos y otros. El grado de dispersión, está muy en consonancia con el valor de la media.

El análisis de la varianza y deducción de la F de Fisher, dan el siguiente resultado:



ANOVA

ABSES

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	294,382	4	73,595	2,083	,087
Intra-grupos	4416,958	125	35,336		
Total	4711,339	129			

La significación de 0,087, indica que, con un grado de confianza del 90 %, podemos rechazar la hipótesis nula de que las medias observadas son iguales. Por tanto, con ese grado de confianza, podemos asegurar que las medias del valor absoluto de los errores superficiales relativos de los grupos considerados difieren significativamente. Parece pues, que hay indicios de que el tipo de camino al que lindan las parcelas, influye en el valor absoluto del error superficial relativo.

Para saber qué medias difieren significativamente, pasaremos el test de la *Mínima Diferencia Significativa* para un nivel de confianza del 90 %, lo cual nos da el siguiente resultado:

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: ABSES

DMS

(I) TIPO parcela	(J) TIPO parcela	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	5,6358*	2,6346	,034	1,2699	10,0016
	3	1,7638	2,3831	,461	-2,1853	5,7128
	4	4,3793*	2,2311	,052	,6821	8,0766
	5	3,5083	2,5486	,171	-,7151	7,7317
2	1	-5,6358*	2,6346	,034	-10,0016	-1,2699
	3	-3,8720*	1,9458	,049	-7,0964	-,6476
	4	-1,2564	1,7564	,476	-4,1670	1,6541
	5	-2,1275	2,1454	,323	-5,6826	1,4277
3	1	-1,7638	2,3831	,461	-5,7128	2,1853
	2	3,8720*	1,9458	,049	,6476	7,0964
	4	2,6156*	1,3501	,055	,3782	4,8529
	5	1,7445	1,8277	,342	-1,2843	4,7733
4	1	-4,3793*	2,2311	,052	-8,0766	-,6821
	2	1,2564	1,7564	,476	-1,6541	4,1670
	3	-2,6156*	1,3501	,055	-4,8529	-,3782
	5	-,8710	1,6246	,593	-3,5633	1,8212
5	1	-3,5083	2,5486	,171	-7,7317	,7151
	2	2,1275	2,1454	,323	-1,4277	5,6826
	3	-1,7445	1,8277	,342	-4,7733	1,2843
	4	,8710	1,6246	,593	-1,8212	3,5633

*. La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,1

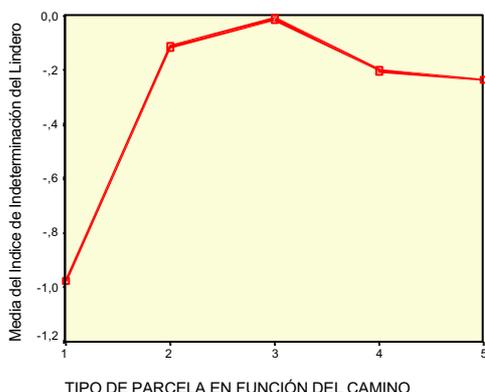


Se observa que la media de las parcelas que no lindan a camino, no difiere significativamente de ninguna otra media. Sí difieren significativamente las parcelas que lindan a carretera de las que lindan a camino rural asfaltado, teniendo las primeras una media de error mayor. También difieren las de tipo 1 (carreteras) con las de tipo 4 (caminos sin cuidar), presentando estas menos error; las de tipo 2 (caminos asfaltados) con la 3 (caminos rurales mejorados), mostrando la segunda mayor error que la primera; y las de tipo 3 con la 4.

Indice de Indeterminación del Lindero [I.I.L.]

Descriptivos

IIL_CAM	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
					1	8		
2	14	-,1145	1,1598	,3100	-,7841	,5552	-2,49	1,77
3	28	-1,28E-02	3,2797	,6198	-1,2846	1,2589	-10,30	10,62
4	63	-,2032	2,2658	,2855	-,7739	,3674	-10,30	10,62
5	17	-,2367	,8976	,2177	-,6982	,2248	-1,95	1,90
Total	130	-,2046	2,4178	,2121	-,6242	,2149	-10,30	10,62



Las medias son todas negativas e inferiores a 1m. Excepto las parcelas de tipo 1, todas las demás tienen una media muy parecida.

Los resultados del análisis de varianza son:

ANOVA

IIL_CAM	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	5,929	4	1,482	,248	,911
Intra-grupos	748,170	125	5,985		
Total	754,099	129			

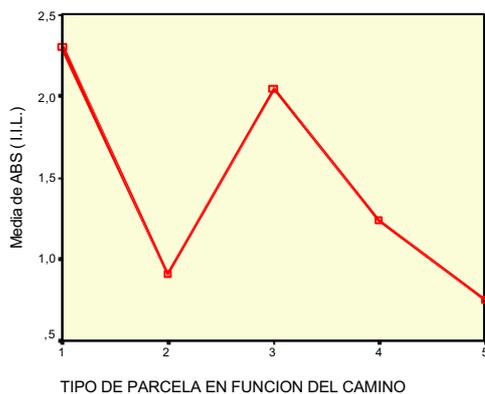


Por lo tanto, se deduce que no existen diferencias significativas entre las medias del IIL de los grupos de parcelas considerados. El tipo de camino al cual lindan las parcelas parece no influir en el valor medio del Índice de Indeterminación del Lindero.

Valor absoluto del Índice de Indeterminación del Lindero. ABS [IIL]

Descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	8	2,3005	3,2588	1,1522	-,4239	5,0250	,64	10,30
2	14	,9090	,6852	,1831	,5133	1,3046	,03	2,49
3	28	2,0487	2,5307	,4782	1,0674	3,0300	,18	10,62
4	63	1,2385	1,9019	,2396	,7595	1,7175	,10	10,62
5	17	,7439	,5265	,1277	,4732	1,0146	,11	1,95
Total	130	1,3782	1,9934	,1748	1,0323	1,7241	,03	10,62



La distribución de las medias es muy similar a la de los valores absolutos de los errores superficiales relativos. Las medias van desde 0,7 m. para las fincas que no lindan a caminos hasta los 2,3 m. para las que lindan a carretera.

El análisis de varianza, ofrece los siguientes resultados:

ANOVA

ABS IIL					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	30,545	4	7,636	1,980	,102
Intra-grupos	482,071	125	3,857		
Total	512,616	129			

La significación hallada, indica que estamos en el límite de significación al 90% de confianza. Existen diferencias ligeramente significativas entre los grupos, y éstas se expresan en la tabla siguiente:



Comparaciones múltiples

Variable dependiente: ABSIIL

DMS

(I) TIPO parcela	(J) TIPO parcela	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 90%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	1,3916	,8704	,112	-5,0759E-02	2,8339
	3	,2518	,7873	,750	-1,0528	1,5565
	4	1,0620	,7371	,152	-,1594	2,2835
	5	1,5566*	,8420	,067	,1614	2,9519
2	1	-1,3916	,8704	,112	-2,8339	5,076E-02
	3	-1,1397*	,6428	,079	-2,2050	-7,45E-02
	4	-,3295	,5802	,571	-1,2911	,6320
	5	,1651	,7087	,816	-1,0094	1,3396
3	1	-,2518	,7873	,750	-1,5565	1,0528
	2	1,1397*	,6428	,079	7,451E-02	2,2050
	4	,8102*	,4460	,072	7,104E-02	1,5493
	5	1,3048*	,6038	,033	,3042	2,3054
4	1	-1,0620	,7371	,152	-2,2835	-,1594
	2	,3295	,5802	,571	-,6320	1,2911
	3	-,8102*	,4460	,072	-1,5493	-7,10E-02
	5	,4946	,5367	,359	-,3948	1,3840
5	1	-1,5566*	,8420	,067	-2,9519	-,1614
	2	-,1651	,7087	,816	-1,3396	1,0094
	3	-1,3048*	,6038	,033	-2,3054	-,3042
	4	-,4946	,5367	,359	-1,3840	,3948

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0,1

Por tanto, parece haber indicios de que el tipo de camino al cual lindan las parcelas, influye en el Índice de Indeterminación del Lindero (en valor absoluto). Las parcelas tipo 1 (carreteras) difieren significativamente de las de tipo 5 (no lindan a camino); las de tipo 2 con las de tipo 3; y las de tipo 3 con las de tipo 4 y con las de tipo 5 (esta última comparación presenta la mayor significación).

Como conclusión de este ensayo, expresar que a pesar de haber detectado diferencias significativas asociadas al tipo de camino al cual lindan las parcelas, sería necesario ampliar el tamaño de la muestra para asegurar categóricamente que esto es así. Los grupos eran demasiado heterogéneos en número y en tamaño de parcelas, y sus medias no reflejan los resultados inicialmente previstos.



7.2.9 OBJETIVO 9: Comprobar si los errores superficiales de las parcelas catastrales se distribuyen de igual manera en las fincas pequeñas y en las grandes.

En muchos de los estudios estadísticos previos realizados, se ha insinuado que los errores superficiales pudieran estar relacionados con el tamaño de las parcelas. Pretendemos ahora comprobar si dichos errores presentan medias diferentes en función del tamaño de las parcelas y si estas diferencias son estadísticamente significativas.

Para ello, tomaremos las superficies de las fincas digitalizadas en pantalla sobre ortofotografía digital de 1 m/pixel y las superficies agrarias de dichas parcelas obtenidas por levantamiento topográfico. Ya vimos cómo se comportaban los errores superficiales relativos y los Índices de Indeterminación de los Linderos para esta comparación, en el apartado 7.2.4 de este Capítulo. Ahora, vamos a clasificar las fincas por tamaños y vamos a ver cómo se distribuyen los errores.

Consideraremos tres tipos de parcelas: las menores o iguales a 0,5 Has. como tipo 1; las comprendidas entre 0,5 Has. y 1,5 Has (inclusive) como tipo 2; y las mayores de 1,5 Has. como tipo 3. Para todas ellas se dispone de los Errores Superficiales Relativos y de los Indices de Indeterminación de los Linderos. En total se tiene 84 fincas rústicas, distribuidas de la forma siguiente:

Parcelas Tipo 1	24 parcelas.....	28,6 %
Parcelas Tipo 2	35 parcelas.....	41,7 %
Parcelas Tipo 3	25 parcelas.....	29,8 %

Realizaremos un análisis de las varianzas, para intentar averiguar si el tamaño de las parcelas influye de alguna manera en los resultados de los errores superficiales. Si esto fuera cierto, podríamos fijar distintas estrategias en la digitalización en función de la parcelación del terreno en un municipio concreto.

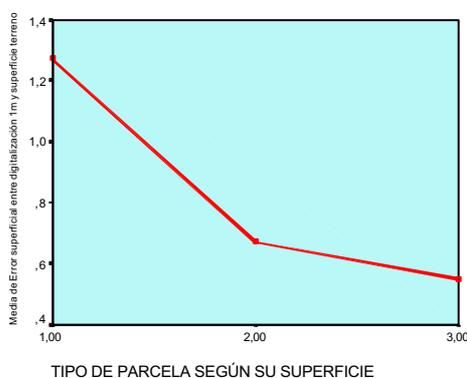


Errores Superficiales Relativos [ESR]

Descriptivos

Error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	24	1,2718	11,1751	2,2811	-3,4470	5,9907	-13,22	39,89
2,00	35	,6708	5,9982	1,0139	-1,3896	2,7313	-12,67	16,23
3,00	25	,5490	4,7582	,9516	-1,4151	2,5130	-4,68	20,01
Total	84	,8063	7,4821	,8164	-,8174	2,4300	-13,22	39,89



Las medias son todas positivas y tienden a disminuir al aumentar el tamaño de las parcelas. Los valores de dispersión son muy altos para los tres grupos. Existen valores muy atípicos en el grupo de las fincas pequeñas (Tipo 1).

El análisis de la varianza arroja el siguiente resultado:

ANOVA

Error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7,499	2	3,750	,065	,937
Intra-grupos	4638,937	81	57,271		
Total	4646,436	83			

Un valor de F tan pequeño indica que la variabilidad entre los grupos es mucho más pequeña que la variabilidad dentro de cada grupo, y por tanto, el valor de la significación es muy alto. En definitiva, el análisis realizado demuestra que no existen diferencias significativas entre los grupos, o dicho de otra forma, que el tamaño de la parcela no determina el error superficial relativo.

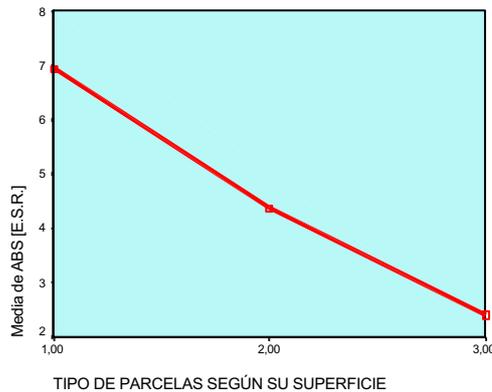


Valor absoluto del Error Superficial Relativo. ABS [ESR]

Descriptivos

Valor absoluto del error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	24	6,9339	8,7409	1,7842	3,2429	10,6248	,25	39,89
2,00	35	4,3736	4,0928	,6918	2,9677	5,7795	,21	16,23
3,00	25	2,4047	4,1147	,8229	,7063	4,1032	,07	20,01
Total	84	4,5191	5,9976	,6544	3,2176	5,8207	,07	39,89



Las medias disminuyen conforme aumenta el tamaño de las parcelas y las diferencias parecen importantes. El valor medio del error es del 4,5 %. y el rango de las medias queda entre 2,4 % y 6,9 %.

Los resultados del análisis de varianza y deducción de la F de Fisher

son:

ANOVA

Valor absoluto del error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	252,450	2	126,225	3,741	,028
Intra-grupos	2733,113	81	33,742		
Total	2985,563	83			

Lo cual indica, que existen diferencias significativas entre los tres grupos de parcelas considerados. El tamaño de la parcela condiciona el error superficial relativo en valor absoluto. Veamos qué grupos son los responsables de esta significación:

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Valor absoluto del error superficial entre digitalización 1m y superficie terreno
DMS

(I) CATEGO	(J) CATEGO	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	2,5603	1,5395	,100	-,5028	5,6234
	3,00	4,5291*	1,6600	,008	1,2262	7,8320
2,00	1,00	-2,5603	1,5395	,100	-5,6234	,5028
	3,00	1,9688	1,5211	,199	-1,0577	4,9953
3,00	1,00	-4,5291*	1,6600	,008	-7,8320	-1,2262
	2,00	-1,9688	1,5211	,199	-4,9953	1,0577

*. La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.



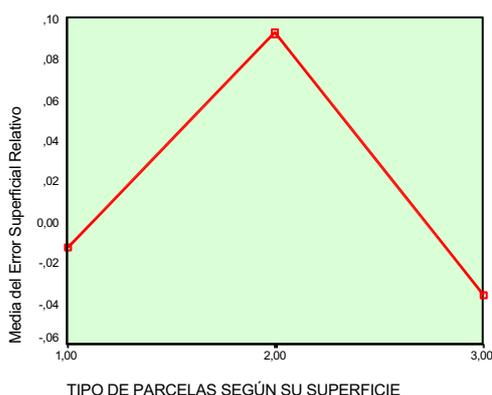
Se observa, que con un nivel de confianza del 95 %, existen diferencias significativas en el error superficial relativo en valor absoluto entre las parcelas menores de 0,5 Has y las mayores de 1,5 Has. El tamaño de la parcela, por tanto, influye en el valor de dicho error.

Índice de Indeterminación del Lindero [I.I.L.]

Descriptivos

Error lineal entre digitalización 1m. y superficie terreno

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	24	-1,24E-02	,8776	,1791	-,3830	,3582	-2,34	2,14
2,00	35	,239E-02	1,1071	,1871	-,2879	,4727	-2,89	2,40
3,00	25	-3,59E-02	1,0782	,2156	-,4810	,4091	-1,53	3,16
Total	84	,426E-02	1,0272	,1121	-,1987	,2472	-2,89	3,16



Las medias son todas muy pequeñas y de diferente signo. Los rangos de valores dentro de cada grupo quedan muy bien centrados. La media general es de 0,02 m y, por grupos, varía entre -0,04 m. y +0,09 m.

El resultado del análisis de varianza entre las medias es el siguiente:

ANOVA

Error lineal entre digitalización 1m. y superficie terreno

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,285	2	,143	,132	,876
Intra-grupos	87,288	81	1,078		
Total	87,573	83			

Luego se concluye, que no existen diferencias significativas entre los distintos grupos de parcelas al considerar como variable dependiente el valor medio del Índice de Indeterminación del Lindero. Las diferencias en dicha variable deben ser explicadas por el azar.

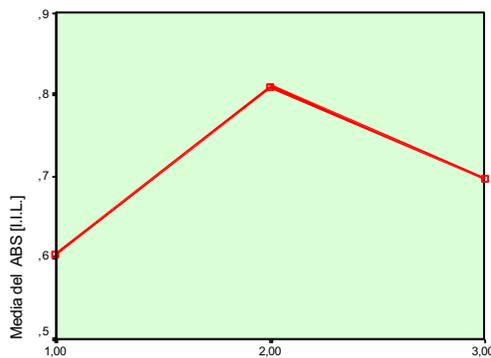


Valor absoluto del Índice de Indeterminación del Lindero. ABS [I.I.L.]

Descriptivos

Valor absoluto del error lineal entre digitalización 1 m. y superficie terreno

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	24	,6033	,6250	,1276	,3394	,8672	,04	2,34
2,00	35	,8102	,7475	,1263	,5534	1,0669	,04	2,89
3,00	25	,6970	,8111	,1622	,3621	1,0318	,04	3,16
Total	84	,7174	,7314	7,980E-02	,5587	,8761	,04	3,16



TIPO DE PARCELAS SEGÚN SU SUPERFICIE

Las medias se distribuyen de manera no uniforme, en un rango que va desde los 0,60 m para las parcelas tipo 1 hasta los 0,81 m. para las parcelas tipo 2. El valor medio del error es de 0,71 m.

El resultado del análisis de varianza es el siguiente:

ANOVA

Valor absoluto del error lineal entre digitalización 1 m. y superficie terreno

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,624	2	,312	,578	,564
Intra-grupos	43,770	81	,540		
Total	44,395	83			

Se obtiene una F demasiado pequeña, que hace que las diferencias entre las medias no sean significativas y por tanto, se puede concluir, que el tamaño de la parcela tampoco influye significativamente en el valor del Índice de Indeterminación del Lindero (en valor absoluto)

Por tanto, el único parámetro que evidencia una clara relación entre el tamaño de las parcelas y su error superficial catastral, es el que queda definido por la media de los valores absolutos de los errores superficiales relativos:

$$| \text{E.S.R.} | = \frac{\sum | [(s_i - s_j) / s_j * 100] |}{N}$$

BIBLIOTECA VIRTUAL

CAPÍTULO 8

RESULTADOS Y CONCLUSIONES



8.1 Resultados obtenidos.

Después de realizar todos los ensayos de la fase experimental y los correspondientes análisis estadísticos con los datos obtenidos, estamos en condiciones de describir los resultados derivados y formular las conclusiones definitivas.

Del primero de los objetivos analizados, en el que se comparaban la Base de Datos de Catastro con los Planos Catastrales en formato papel, se deduce que para la zona estudiada, la inconsistencia entre ambos es del orden del 3,7 %, expresado como error superficial relativo, ó de 0,39 m., expresado como Índice de Indeterminación del Lindero. Los planos procedían de la última revisión catastral realizada en el municipio en el año 1.990, sobre planos catastrales del Instituto Geográfico Nacional, con revisión de campo y sin disponer de ortofotografía. La superficie del Plano tiende a ser mayor que la que aparece en la Base de Datos de Catastro. La extrapolación de estos resultados sólo podría hacerse para zonas que tengan unas similares condiciones cartográficas de partida (35% de la superficie rústica de La Rioja y en torno al 40 % de la nacional).

En el segundo de los objetivos planteados, comparando la superficie real de las parcelas con la de la Base de Datos de Catastro y con los Planos, se evidenciaron errores superficiales relativos medios en torno al 6 % (1,1 m. como I.I.L.). Estos errores se consideran excesivos, consecuencia de no haber utilizado ortofotografías para la última revisión del año 1.990 y que justifican la necesidad de una urgente y más precisa renovación catastral. La superficie de las parcelas en el Plano tiende a ser mayor que la del terreno, y ésta, mayor que la de la Base de Datos de Catastro.

Después de realizar el tercer ensayo planteado, en el que se comparaban las superficies digitalizadas en pantalla sobre ortofoto digital con las superficies de la Base de Datos de Catastro y los Planos parcelarios, resultan unos errores superficiales relativos medios del 9,8 % (1,5 m.



expresado como I.I.L.) en la comparación con la Base de Datos y del 8,6 % (1,3 m. I.I.L.) en la comparación con los Planos de Catastro. Las superficies digitalizadas sobre ortofoto tienden a ser superiores a las deducidas del Plano catastral y muy superiores a las que aparecen en la Base de Datos. Todo ello indica que en la próxima revisión catastral del municipio son previsibles fuertes modificaciones de las actuales superficies catastrales, con tendencia a incrementarse.

En el cuarto objetivo, se comparaban las superficies digitalizadas en pantalla sobre ortofotografía digital con las superficies reales de las parcelas, resultando unos errores superficiales relativos medios del 4,5 % (0,72 m. de I.I.L.) y una clara tendencia a que las primeras sean mayores que las segundas. Estos valores vienen a expresar el grado de fiabilidad que puede darse al método de revisión catastral con los medios y materiales actualmente disponibles.

Los resultados del quinto ensayo, realizado digitalizando ortofotografías digitales de 0,25 m/pixel y de 1 m/pixel, demuestran que las diferencias entre las superficies obtenidas con ambos materiales representan errores superficiales relativos en torno al 3,5 % (0,47 m. como I.I.L.) con una ligera tendencia a obtener mayor superficie en las digitalización de ortofotos de 0,25 m/pixel. Las superficies deducidas de la digitalización de ortofoto de 0,25 m/pixel, se parecen más a las superficies reales que las obtenidas de la digitalización de las ortofotos de 1 m/pixel, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas.

Tras el análisis del sexto objetivo planteado, comparando distintos niveles de visualización en la digitalización en pantalla, se deduce que los errores superficiales relativos entre los distintos niveles de zoom considerados están en torno al 2%, observándose las mayores diferencias entre la visualización a escala variable y la visualización a escala 1:2.000. La visualización a escala 1:1.000, es la que genera las superficies más parecidas a la realidad y, por tanto, este debería ser el nivel en torno al cual se realice la digitalización variable en pantalla sobre ortofoto de 1 m/pixel.



En cuanto a los factores de compresión de imágenes estudiados en el objetivo séptimo del análisis estadístico, se deduce la recomendación de no utilizar compresiones superiores a 1/10, de modo que los errores superficiales relativos no superen el 2,7 % ó los 0,5 m. de Índice de Indeterminación del Lindero. Comparando con la superficie real de las parcelas no se observan diferencias estadísticamente significativas.

En el objetivo octavo se intentaba determinar la influencia de los caminos colindantes a las parcelas, en sus errores superficiales. Aunque se observan diferencias significativas entre varios grupos de parcelas, los resultados son muy desiguales. Los parámetros que más significación presentan son las medias de los valores absolutos de los errores superficiales relativos y las medias de los valores absolutos del Índice de Indeterminación del Lindero, siendo especialmente significativos los primeros.

En el último de los ensayos planteados, se demuestra la existencia de diferencias significativas entre los errores superficiales relativos de las parcelas menores de 0,5 Has. y las mayores de 1,5 Has., disminuyendo éstos conforme crece el tamaño de las parcelas. El Índice de Indeterminación del Lindero se muestra más independiente del tamaño de las parcelas y no presenta diferencias significativas.

Correlación entre los dos parámetros más significativos: valor absoluto del error superficial relativo y valor absoluto del Índice de Indeterminación del Lindero.

A lo largo de los distintos ensayos efectuados, los dos parámetros con mayor significación han sido el valor absoluto del error superficial relativo y valor absoluto del Índice de Indeterminación del Lindero. Parece lógico que pueda haber entre ellos algún tipo de relación y para evidenciar este extremo, acompañamos el siguiente gráfico de regresión lineal entre ambas variables y un estudio de correlaciones, en el que se han tenido en cuenta todos los resultados de los ensayos realizados en el estudio estadístico.



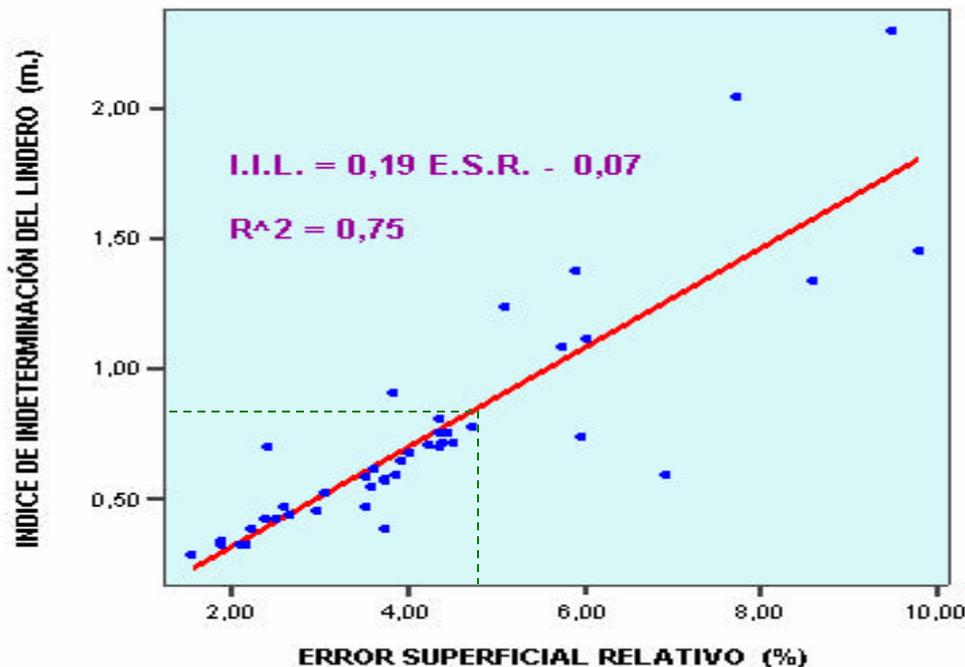
Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica
Errores Superficiales Relativos (media de valores absolutos)	43	4,2528	1,9591
Indices de Indeterminación del Lindero (media de valores absolutos)	43	,7460	,4319

Correlaciones

		E.S.R.	I.I.L.
Errores Superficiales Relativos (media de valores absolutos)	Correlación de Pearson	1,000	,866**
	Sig. (bilateral)	,	,000
	Suma de cuadrados y productos cruzados	161,199	30,792
	Covarianza	3,838	,733
	N	43	43
Indices de Indeterminación del Lindero (media de valores absolutos)	Correlación de Pearson	,866**	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	,
	Suma de cuadrados y productos cruzados	30,792	7,835
	Covarianza	,733	,187
	N	43	43

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).



Se observa una correlación positiva muy elevada entre ambas variables. La ecuación de la recta que mejor se ajusta (por mínimos cuadrados) a los valores observados es $IIL = (0,19 * ESR) - 0,07$, expresando el Error Superficial Relativo en porcentaje y el Índice de Indeterminación del Lindero en metros. Aparece una mayor concentración de valores y un mejor ajuste, con Errores Superficiales Relativos menores al 5 % e Índices de Indeterminación de Linderos menores de 0,85 m.



8.2 Conclusiones.

Una vez descritos los resultados obtenidos tras la fase experimental desarrollada en esta Tesis y teniendo en cuenta los objetivos planteados al comienzo de la misma, podemos enumerar las conclusiones finales derivadas de esta investigación y que, resumidamente, son éstas:

- La inconsistencia de los Planos Parcelarios Catastrales y la Base de Datos del Catastro en cuanto a superficies catastrales, alcanza valores medios próximos al 4 %, que representan una indefinición media de los linderos de 0,4 metros. Esto será aplicable a los municipios en que, como el analizado, no se haya realizado la revisión del Catastro de Rústica con ortofotografías.
- En estos mismos municipios, los errores superficiales relativos entre los Datos y/o Planos catastrales y la verdad terreno, alcanzan valores medios en torno al 6 % e indefiniciones de linderos próximas a 1 metro, lo cual aconseja y justifica la necesidad urgente de abordar en ellos una renovación catastral rústica.
- Las superficies catastrales derivadas de la digitalización sobre ortofotografía digital de 1 m/pixel se diferencian de las superficies reales en un 4,5 %, lo que genera una indefinición de los linderos de 0,7 m. El uso de ortofotografía con mayor resolución geométrica (0,25 m/pixel) reduce los errores medios un 20 %. Por tanto, la máxima exactitud que puede darse a las superficies catastrales obtenidas por las actuales técnicas de digitalización sobre ortofotografía, es de un 3,5 % ó 0,5 m. de indeterminación del lindero. No debería pues buscarse más precisión en las comparaciones entre superficies agrarias y superficies catastrales.
- La digitalización sobre ortofotografía digital de 1m/pixel debe hacerse a una escala de visualización variable, pero próxima a



1:1.000, para que los errores superficiales sean mínimos. En ortofotos de 0,25 m/pixel, esta escala puede estar en torno a 1:750.

- El uso de formatos comprimidos tipo JPEG en la digitalización de ortofotografías digitales puede utilizarse hasta factores de compresión próximos a 1/10, pero nunca superiores a 1/20. Más allá de este valor, la indefinición radiométrica de los linderos aumenta considerablemente, la digitalización es muy imprecisa y los errores superficiales alcanzan valores no tolerables.
- Aunque ha quedado demostrado que el tipo de camino al cual lindan las parcelas puede influir en el valor de los errores superficiales, los resultados no han sido concluyentes.
- El tamaño de las parcelas influye decisivamente en los errores superficiales relativos. Sin embargo, no afecta a los Índices de Indeterminación del Lindero, siendo pues este parámetro más adecuado para estudios sobre errores superficiales en los que haya gran diversidad en el tamaño de las parcelas.
- Existe una clara correlación entre los errores superficiales relativos y los Índices de Indeterminación de los Linderos. La recta de regresión que mejor define esta correlación es

$$IIL = \left[\frac{19}{100} * ESR \right] - 0,07$$

El valor 19 se aproxima, como era de esperar, a la relación que existe entre la superficie de las parcelas y su perímetro (radio hidráulico), que para la zona estudiada es de 22 m. Por tanto se podría expresar igualmente que:

$$IIL = \left[\frac{0,85 * Radio Hidráulico medio}{100} * ESR \right] - 0,07$$



8.3 Aportaciones originales

Como aportaciones que pueden considerarse originales en esta Tesis, se podrían citar las siguientes:

- ☞ Por primera vez se han analizado las ortofotografías digitales desde el punto de vista de la precisión superficial con objetivos catastrales, a pesar de ser el material utilizado durante muchos años como material base por el Catastro.
- ☞ Por primera vez se ha estudiado la adecuación de la metodología actualmente utilizada para la revisión catastral rústica, la digitalización en pantalla de ortofotografías digitales, a la determinación de la superficie catastral rústica.
- ☞ Por primera vez se ha estudiado la integración de ortofotografía digital en Sistemas de Información Geográfica para la determinación de la superficie catastral rústica.
- ☞ Se propone por primera vez el uso de un nuevo parámetro, el Índice de Indeterminación del Lindero (IIL), para la determinación de los errores superficiales catastrales y se deduce que tiene sus ventajas cuando se quiere minimizar el efecto del tamaño de las parcelas sobre dichos errores.
- ☞ Se establecen límites en diversas variables del proceso de digitalización en pantalla sobre ortofotografía digital con fines catastrales (escalas de visualización, factores de compresión, resolución geométrica, indefinición radiométrica de los linderos, ...).
- ☞ Se ha puesto en evidencia la importancia técnico-jurídico-económica de que las superficies catastrales coincidan con las superficies agrarias. Las metodologías actuales tienden a alcanzar este objetivo, pero todavía queda mucho camino por recorrer y muchos aspectos que investigar.



8.4 Nuevas líneas de investigación

Las nuevas líneas de investigación que tras el desarrollo de esta Tesis quedan aún abiertas, en el campo de la revisión catastral rústica por medio del uso de ortofotografía digital integrada en Sistemas de Información Geográfica, son las siguientes:

- La aparición continua de nuevos materiales en ortofotografía digital (ortofotos en color, mayores resoluciones geométricas y radiométricas, ...), hace que sea necesario seguir investigando sobre la calidad y mejor adecuación de estos formatos a las aplicaciones actuales y a nuevas aplicaciones que van apareciendo o que quedan aún por descubrir.
- El creciente uso de técnicas G.P.S. en todos los ámbitos, hace necesario investigar sobre su aptitud para la realización de levantamientos topográficos parcelarios y determinar los errores superficiales que se obtienen con esta metodología en comparación con los obtenidos en esta Tesis.
- Ha sido poco tratada en esta Tesis la importancia económica y jurídica de los errores superficiales catastrales. Por sí solos, son dos aspectos fundamentales y que merecería la pena profundizar en su estudio, ya que constituyen la mayor justificación de los trabajos de revisión catastral.
- Habrá que investigar cómo compaginar el uso de los materiales procedentes de la Fotogrametría con el uso de los materiales procedentes de la Teledetección para los trabajos catastrales (superficies, clasificación de cultivos, ...), utilizando lo mejor de ambos.
- La gestión de la información catastral e integración de Ortofotografía Digital en Sistemas de Información Geográfica, interesa en gran medida a los Registradores de la Propiedad y Notarios. Sería conveniente estudiar las necesidades concretas de estos dos colectivos y diseñar aplicaciones finalistas que cubran sus expectativas en este campo.

BIBLIOTECA VIRTUAL



BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

- Abramson, S.B.; Schowengerdt, A.** “Evaluation of edge-preserving smoothing filters for digital image mapping”. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 48, n. 2, 1993, p. 2-17
- Adler, R.** “International land boundary database”. *Surveying & Land Information Systems*, vol. 55, n. 4, 1995, p. 212-216
- Adobe Developers Association.** *TIFF 6.0 Specification*. Mountain View: Adobe Systems Incorporated, 1992. 121 p.
- American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.** *Digital Photogrammetry: An Addendum to the Manual of Photogrammetry*. Maryland: Cliff Greve, 1996. 247 p. ISBN 1-57083-037-1
- Anderson, T.C.; Weatherington, A.** “Incorporating existing tax maps into a parcel-based GIS”. *GIS/LIS Proceedings*, vol. 1, 1992, p. 11-19
- Angus-Leppan, P.** “The Thailand Land Titling Project. First steps in a parcel-based LIS”. *International Journal of Geographical Information Systems*, vol.3, no.1, 1989, p. 59-68
- Ariza López, F.J.; Pinilla Ruiz, C.; Tovar Pescador, J.** “Un Estándar para la Información Raster en la Ingeniería Cartográfica: GeoTiff”. *Mapping*, vol. 5, 1999, p. 28-36
- Ariza López, F.J.; Pinilla Ruiz, C.** “Las componentes de la Calidad del Dato Geográfico”. *Mapping*, vol. 61, 2000, p. 12-30
- Armenakis, C.; Regan; A. Dow.** “Softcopy photogrammetric applications for national topographic mapping”. *GEOMATICA*, vol. 49, 1995, p. 433-443
- Baltsavias, E.P.** “Integration of ortho-images in GIS”. *Photogrammetric Week '93*, 1993, p. 261-272
- Barrette, Jeffrey; August, Peter; Golet, Francis.** “Accuracy assessment of wetland boundary delineation using aerial photography and digital orthophotography”. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 66, n. 4, 2000, p. 409-416
- Behrens, J.** “Use of orthophotos in agriculture”. *Instituto de Información Agraria de la GDR*, 1984, p. 1-45



- Berné Valero, J.L.; Femenia Ribera, C.** *Catastro de Rústica*. Valencia: Editorial U.P.V., 2000. 386 p. ISBN 84-7721-941-9
- Bitter, P.; Shrestha, B.** “Orthophotographs to assist participatory forest management: application in the Jhikhu Khola watershed, Nepal.”. *Issues in Mountain Development - International Centre for Integrated Mountain Development*, n. 3, 2000, 6 pp.
- Blázquez Parra, E.B.; Ruiz Lendínez, J.J.** “Aportación de las nuevas tecnologías al tratamiento de la documentación gráfica en los procesos de actualización catastral”. *Actas XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, 2001, 9 pp.
- Bosque Sendra, J.** *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Ediciones Rialp, S.A., 1992. 451 p. ISBN 84-321-2922-4
- Bosque, J.; Escobar, F.J. et al.** *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: RA-MA, 1994. 478 p. ISBN 84-7897-142-4
- Brown, C.A.** “Registration of ownership: a necessary component of a parcel-based LIS”. *GIS/LIS Proceedings*, 1994, p. 105-114
- Bryan J. Logan** “Digital orthofotography for natural resource management”. *American Institute of Physics*, vol. 325, n.1, 1995, p. 367-372
- Burrough. P.** *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- Calvo Gómez, Felix.** *Estadística Aplicada*. Bilbao: Ediciones Deusto, S.A., 1978. 596 p. ISBN 84-234-0400-5
- Calvo Melero. M.** *Sistemas de Información Geográfica Digitales*. Vitoria: Instituto Vasco de Administración Pública, 1993. 616 p. ISBN 84-7777-101-4
- Cannistra, J.; Goodden, R.** “A guide to acquiring digital orthophotography”. *GIS World*, Jul., 1994, p. 42-45
- Carbó, S. ; Comas, D.** “MrSID, un formato raster de fantasía”. *Mapping*, vol. 62, 2000, p. 86-90
- Castro, P.J.; López, M.; Valderrama, J.M.** “Aplicación Informática para la Generación de Ortoimágenes”. *Actas XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, 2001, 8 pp.
- Catalá Aznar, G.; Lerma García, J.L.** “Análisis de la precisión espacial en ortofoto digital 1:1.000”. *Topografía y Cartografía*, 1999, p. 6-22



- Comas, D.; Ruiz, E.** *Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica*. Barcelona: Ariel, S.A., 1993. 295 p. ISBN 84-344-3452-0
- Contrucci, K. and Grillo, T.J.** “The use of digital orthophotos in automated mapping/facilities management systems”. *Proceedings of AM/FM International Annual Conference*, 1998, p. 113-119
- Corbley K.P.** “San Francisco Hills challenge orthorectification process”. *Earth Observation Magazine*, Jan., 1996, p. 28-31
- Dempsey, Caitlin.** “Orthophotos and GIS”. *Geography, About.com*, 1999, 3 pp.
- Díaz Cisneros, L. R.; Candeaux Duffatt, R.** “Los Sistemas de Información Geográfica SIG: Definición, características, estado actual y tendencias de desarrollo.”. *Mapping*, vol. 40, 1997, p. 76-92
- Domínguez García -Tejero, F.** *Topografía General y Aplicada*. Madrid: Mundi Prensa, 2000. 823 p. ISBN 84-7114-406-9
- Dorffner, L.** “Interactive visualization of terrain and orthophotos”. *Geodetski Vestnik*, vol. 44, n. 3, 2000, p. 205-212
- Drew A.R.** “Obtaining accurate boundary locations for land information systems”. *Surveying & Land Information Systems*, vol. 55, n. 4, 1995, p. 171-175
- Duane Nellis, M. y otros.** “Interfacing Geographic Information Systems and Remote Sensing for Rural Land-Use Analysis”. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 56, n. 3, 1990, p. 329-331
- Ecker, R.** “Digital orthophoto generation based on a high-quality DTM”. *ITC Journal*, vol. 1, 1992, p. 59-64
- Ettarid M.; Ei Hammoumi M. et Hmamouchi.** “Orthophotographies numeriques pour un environnement micro-informatique”. *Bulletin Societe Francaise de Ohotogrammetrie el de Teledetection*, n. 144, 1996, p. 19-26
- Fankhauser, R.** “Automatic determination of imperviousness in urban areas from digital orthophotos”. *Wat. Sci. Tech.*, vol. 39, n. 9, 1999, p. 81-86
- Fernandes, J. P.; Fonseca, A. y otros.** “Visualitation and interaction tools for aerial photograph mosaics”. *Computers & Geosciences*, vol. 23, n.4, 1997, p. 465-474



- Fernández García, Felipe.** *Introducción a la Fotointerpretación.* Barcelona: Ariel, S.A., 2000. 253 p. ISBN 84-344-3465-2
- Fernández Pereja, T.; Bisbal Martínez, J.** “Términos utilizados para expresar la calidad de medida de un instrumento”. *Topografía y Cartografía*, vol. 82, 1997, p. 38-41
- Fradkin, M. and Ethrog, U.** “Feature matching for automatic generation of distortionless digital orthophoto”. *SPIE*, vol. 3072, 1997, p. 153-164
- Gale TeSelle.** “A national digital orthophoto program”. *GIS/LIS Proceedings*, 1994, p. 741-751
- Gallego Álvarez, F.J.** “El Proceso de la Contratación de los Trabajos de Cartografía y Geodesia por las Administraciones Públicas”. *Mapping*, vol. 36, 1997, p. 82-92
- Gallego Alvarez, Fco. Javier; Navarrete Cámara, Luis J.** “Producción y Manipulación de Ortofotografías Digitales para su Integración en un SIG.”. *Actas XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, 2001, 9 pp.
- García, Teresa.** “Identificación de las variables relevantes para la valoración de fincas rústicas. Una aplicación con métodos factoriales.”. *Jornadas Territorial 2000. Gobierno de Navarra.*, 2000, 9 pp.
- García-Cuerva, J.L.** “El Plano de una Finca como Elemento Identificador de la Propiedad”. *Topografía y Cartografía*, vol. 67, 1995, p. 17-27
- Gary S. Smith.** “Digital Orthophotography and GIS”. *URISA Proceedings*, 1995, 13 pp.
- Gómez Molina, A.** “Consideraciones técnicas sobre apoyo aéreo cinemático”. *Topografía y Cartografía*, vol. 97, 2000, p. 27-42
- Gómez Molina, A.** “Flujo de Trabajo en Fotogrametría Digital”. *Mapping*, vol. 53, 1999, p. 53-62
- Gómez Molina, A.** “Topografía y cartografía en zonas regables”. *Mapping*, 2000, p. 8-26
- Gómez Molina, A.** “Tamaño del pixel de imágenes en Fotogrametría Digital”. *MAPPING*, 1999, p. 72-78



- Gómez Molina, Alfonso; Salinas González, F. Javier.** “Metodología Genérica para la Generación de Ortofotografías Digitales”. *Actas XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, 2001, 12 pp.
- Gradias, Michael.** *La digitalización de imágenes*. Barcelona: Marcombo and Data Becker, 1998. 285 p. ISBN 84-267-1173-1
- Greenfeld, J.** “Evaluating the accuracy of digital orthophoto quadrangles (DOQ) in the context of parcel-based GIS”. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 67, n. 2, 2001, p. 199-205
- Grenzdorffer, G. y otros.** “Digital ortho-photography in GIS: new ways to interpret airphoto interpretation”. *Mensuration, Photogrammetrie, Genie Rural*, 3/95, vol.3, 1995, p. 129-133
- Gruber, Michael; Leberl, Franz.** “Escáneres fotogramétricos de alta calidad para la cartografía”. *Mapping*, vol.68, 2001, p. 84-94
- Halim, M. y otros.** “Design and implementation of GIS based digital image processing system”. *Inter. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 29, 1992, p. 776-780
- Hamilton, S.D.** “Applications and limitations of raster data in geographic information systems”. *Earth Observation Magazine*, vol. 4, 1995, p. 43-45
- Harris, P.M. and Ventura, S.J.** “The integration of geographic data with remotely sensed imagery to improve classification in an urban area”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 61, n. 8, 1995, p. 993-998
- Hearnshaw, Hilary M.; Unwin, David J.** *Visualización in Geographical Information Systems*. Chischester (U.K.): John Wiley & Sons, 1994. 243 p. ISBN 0-471-94435-1
- Helpke, C.** “State-of-the-art of Digital Photogrammetric Workstations for Topographic Applications”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 61, n. 1, 1995, p. 49-56
- Herrera Herrera, Bernard.** *Elementos de Fotogrametría: uso de materiales aerofotográficos*. México: Limusa, S.A., 1987. 200 p. ISBN 968-18-2459-8
- Höhle, J.** “Experiences with the production of digital orthophotos”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 62, n. 10, Oct., 1996, p. 1189-1194



- Hood, J. y otros.** “Image processing techniques for digital orthophotoquad production”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 55, n. 9, 1989, p. 1323-1329
- Hough, Harold.** “A beginner’s guide to digital orthophotography”. *Earth Observation Magazine*, Jul./Aug., 1993, p. 32-34
- Intergraph Developers.** *Working with Geomedia Professional*. Huntsville (USA): Intergraph Corporation, 1998. 354 p.
- Institute for Terrestrial Ecology (ITE) of Cambridge University.** “Classification of the environment using vector and raster mapping”. *Internet* (<http://www.laser.scan.com/papers/clever.html>), 2000, 3 pp.
- Janssen, L.L.F. et al.** “Integrating topographic data with remote sensing for land-cover classification”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol.56, n. 11, 1990, p. 1503-1506
- Jensen, John R.** *Introductory Digital Image Processing*. London: Prentice-Hall Inc., 1996. 316 p. ISBN 0-13-205840-5
- Johansson, M et al.** “Digital orthophotography at the National Land Survey of Sweden”. *GIS/LIS’95*, vol. 1, 1995, p. 522-529
- Kersten, T.; O’Sullivan W.** “Project swissphoto. Digital orthophoto generation in an efficient production environment”. *Geomatics Info Magazine*, Jun., 1997, p. 30-33
- Kocuvan T.** “The setting-up and renovation of land parcel boundaries”. *Geodetski Vestnik*, vol. 43, n. 1, 1999, p. 36-48
- Larrea Ochoa de Aspuru, D.** “Realización de Ortofotografías Digitales mediante Ordenador utilizando el Lenguaje I.D.L.”. *Mapping*, vol. 52, 1999, p. 12-14
- Laser Scan Limited.** “Techniques for update in raster and vector cartography”. *Internet* (<http://www.laser.scan.com/papers/clever.html>), 2000, 11 pp.
- Lear, Anne C.** “Digital orthophotography: mapping with pictures”. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Sept./Oct., 1997, p. 12-14
- Limp, W. Fredrick and Debbie Harmon.** *Inside Geomedia*. Santa Fe (USA): OnWord Press, 1998. 591 p. ISBN 1-56690-185-5
- Lobonc, T.** “Human supervised automated tools for digital photogrammetric systems”. *GIS/LIS Proceedings*, 1994, p. 533-544



- López-Cuervo, S.** *Fotogrametría*. Madrid: [S. López], 1980. 367 p. ISBN: 84-300-2559-6
- Madani, M.** “Efficient, streamlined workflow for a variety of imagery: Stand-alone orthorectification”. *Geomatics Info Magazine*, vol. 14, n. 3, 2000, p. 77-79
- Manzer, Gary.** “Avoiding digital orthophoto problems”. *URISA Proceedings*, 1995, p. 476-486
- Manzer, Gary.** “Maximizing digital orthophoto use. A technical overview”. *GIS World*, Dec., 1995, p. 50-55
- Manzer, Gary.** “Practical considerations for avoiding problems in the production of digital orthophotos”. *GEOMATICA*, vol. 49, 1995, p. 455-462
- Mary Jo Wagner.** “GIS integration of digital orthophotos city of Fort Collins, Colorado (U.S.A.)”. *Earth Observation Magazine*, 1999, 8 pp.
- Mattikalli, N.M.** “Integration of remotely-sensed raster data with a vector-based geographical information system for land-use change detection”. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 16, n. 15, 1995, p. 2813-2828
- Maupin, J.** “Orthophoto project team faces new challenges”. *Earth Observation Magazine*, vol. 4, n. 11, 1995, p. 18-21
- Mayes, M.H.; Smith, A.B.** “Orthophotography for rural map revision”. *Photogrammetric Record*, vol. 12, n. 67, 1986, p. 45-61
- Mayfield, B.** “Demystifying advancements in digital orthophotography”. *URISA Proceedings*, Aug., 2000, p. 323-330
- Miano, John.** *Compressed Image File Formats*. New York: ACM Press, 1999. 264 p. ISBN 0-201-60443-4
- Mitsuda Yasushi; Takata Kana et al.** “Comparison of Digital Orthophoto Making Methods for its Position Accuracy. A Case Study Using TNTmips.”. *Bulletin of the Kyushu University*, n. 81, 2000, p. 1-11
- Mitsuda Yasushi; Takata Kana et al.** “Extractions of Unsuccessful Plantations by Image Classification Techniques Using Digital Orthophotos”. *Bulletin of the Kyushu University*, n. 81, 2000, p. 13-29



- Morain, Stan and Shirley López Baros.** *Raster Imagery in Geographic Information Systems*. Santa Fe (USA): OnWord Press, 1996. 495 p. ISBN 1-56690-097-2
- Moudon, Anne Vernez.; Hubner, Michael Henry.** “Monitoring land supply with geographic information systems theory, practice, and parcel-based approaches”. , ISBN: 0471371637, 2000, 335 pp.
- Nale, D.K.** “How accurate is digital orthophotography?”. *GIS World*, Dec., 1995, p. 62-64
- Nale, D.K.** “Is there a digital orthophoto in your future?”. *Earth Observation Magazine*, vol. 5, n. 3, 1996, p. 40-42
- Nale, D.K.; Thurgood, J.D.** “Integrating space-based imagery with GIS landbase datasets”. *GIS World*, Jun., 1996, p. 58-60
- Nale, David.** “Digital orthophotography: the foundation of GIS”. *American City & County*, Jul., 1995, p. 26-38
- Nancy von Meyer.** “Digital orthophotography consortium: a multi-country solution for Wisconsin”. *URISA Journal*, vol, 8, n. 1, 1998, p. 80-85
- Nazar M. S. Numan et al.** “Topographic map revision in northern Iraq using DTMs and orthophotos”. *ITC Journal*, vol. 3, 1992, p. 244-248
- Novak, K.** “Rectification of digital imagery”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol.58, n. 3, 1992, p. 339-344
- O’O’Connell, M.** “GIS without a budget”. *Earth Observation Magazine*, vol. 4, n. 11, 1995, p. 23-25
- Palanques Salmerón, C.** “Catastro y Registro de la Propiedad: estado de la cuestión”. *Topografía y Cartografía*, vol. 93, 1999, p. 18-26
- Parent, Phil.** “Digital orthophotography provides a new tool for GIS database integration”. *GIS World*, vol. 4, n. 11, 1991, p. 48-49
- Pozo Ríos, M.M.; Sánchez Sánchez, R.; Pinilla Ruiz, C** “Actualización Cartográfica mediante Integración de Fotografías Aéreas e Imágenes de Satélite”. *Mapping*, vol. 50, 1998, p. 90-96
- Prashker, S.** “An improved algorithm for calculating the perimeter and area of raster polygons”. *Geocomputation '99*, 1999, 17 pp.



- Pu, G. L.** “Applications of orthophotomap of landsat TM to the study of cracks and landslides on upper reaches of the Minjiang River”. *Journal of the Chengdu Institute of Technology*, vol. 27, n. 3, 2000, p. 312-317
- Réjean H. Castonguay; Terry Merseraeau; Barry Gillis.** “Prospect of utilizing digital orthoimages for map revision in New Brunswick”. *GEOMATICA*, vol. 49, 1995, p. 445-453
- Ritter, N.; Ruth, M.** *GEOTIFF Format Specification*. Pasadena: GeoTIFF Working Group, 1999. 140 p.
- Roland J. Duhaime, Peter V. August; William R. Wright.** “Automated vegetation mapping using digital orthophotography”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 63, n. 11, Nov., 1997, p. 1295-1302
- Rulli, J. and Shah, N.** “Orthorectification alternatives save time and money”. *Adams Business Media*, Jun., 1998, p. 58-62
- Sanchez Espeso, J.** “Análisis del proceso de rectificación de un imagen aérea de eje vertical para obtener una ortoimagen digital”. *Mapping*, vol. 64, 2000, p. 20-32
- Sánchez Espeso, Javier M^a; Pí Martínez, Francisco .** “SORPC: Sistema para la Ortorrectificación Digital de Perspectivas Cónicas”. *Actas XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, 2001, p. 12 pp.
- Sanchez Trigo, M.C. y otros.** “Quality and Quantity of Ground Points in the Orthorectifying process”. *EARSeL symposium on remote sensing in the 21st century*, 1999, p. 245-250
- Sani, Anthony P.; Paul M. Dibb.** “The acquisition of digital orthophotography for the Cayman Islands”. *Proceedings of 35th Annual Conference and Exhibition URISA'97*, 1997, 15 pp.
- Santamaría, J. y Sanz, T.** “Integración de herramientas gráficas para la determinación de linderos en fincas rústicas”. *Actas del XII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, vol. II, 2000, 6 pp.
- Sanz Adán, F.; Santamaría Peña, J.; Peral, R.** “Aplicación de Modelos Digitales del Terreno y Ortofotografía Digital en la Modelaización de Parques Eólicos”. *Actas XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, 2001, 8 pp.



- Serrano Martínez, Fernando.** “Cartografía Catastral: Presente y Futuro”. *Topografía y Cartografía*, marzo-abril, 2001, p. 19-22
- Serrano Martínez, Fernando.** “Cartografía Catastral: presente y futuro.”. *Actas del VII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía*, Oct., 2000, p. 269-272
- Shanks, R.; Wang, S. et al.** “Integrating digital orthophotography and GIS: a software-based approach to vector/raster processing”. *GIS/LIS'91 Proceedings*, vol. 2, 1991, p. 674-682
- Simons, R.; Salling, M.** “Using GIS to make parcel-based real estate decisions for local government.”. *URISA Journal*, vol.7, no.1, 1995, p. 7-19
- Star, Jeffrey L.; Estes, John E.; McGwire, Kenneth C.** *Integration of Geographic Information Systems and Remote Sensing*. Cambridge (U.K.): Cambridge University Press, 1997. 225 p. ISBN 0-521-440327
- Stassopoulou, A. et al.** “Automatic extraction of building statistics from digital orthophotos”. *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 14, n. 8, 2000, p. 795-814
- Steiner, D.R.** “The integration of digital orthophotographs with GISs in a microcomputer environment”. *ITC Journal*, vol. 1, 1992, p. 65-72
- Stephen L. Sperry and Kurt Novak.** “Integrating digital photogrammetry and GIS”. *URISA Proceedings*, 1992, p. 36-44
- Stephen R. Gillespie.** “An empirical approach to estimating GIS benefits”. *URISA Journal*, vol. 11, n. 3, 1999, p. 27-34
- Steven D. Hamilton.** “Digital orthophotography and integrated raster/vector geographic information systems: boondoggle or boon?”. *URISA Proceedings*, 1990, p. 124-129
- Stock K.M.** “Accuracy requirements for rural land parcel boundaries”. *Australian Surveyor*, vol. 43, n. 3, 1998, p. 165-170
- Stohr, C. y otros.** “Digital Orthophotos and DEM combat closed landfills”. *Earth Observation Magazine*, vol. 5, n. 9, 1996, p. 51-53
- Stohr, C.; Darmody, R. y otros.** “Digital orthophotos and DEMs combat closed landfills”. *Earth Observation Magazine*, vol. 4, n. 3, 1996, p. 40-43



- Subhasis Saha.** “Image compression - from DCT to Wavelets: a review”. *The ACM's first electronic publication*, 2000, 16 pp.
- Thiel, P. J.; Zumwald, J.F.** “Are digital orthophotos for you?”. *GIS World*, Dec., 1995, p. 58-61
- Thiel, P.J.** “Not for base mapping only: digital orthophotos for gis maintenance”. *GIS/LIS'95*, vol. 2, 1995, p. 977-986
- Thorpe, J.** “Aerial photography and satellite imagery”. *Earth Observation Magazine*, vol. 5, n. 6, 1996, p. 35-39
- Tommy L. Coleman.** “Multiple band digital orthophoto quadrangle data: a source for generating land use maps”. *Geocarto International*, vol. 12, n. 3, 1997, p. 83-90
- Tourón, Javier; Charo Repáraz y Ángel Sobrino.** *Manual de Prácticas de Análisis de Datos con el SPSS®*. Pamplona: EUNSA, 1995. 290 p. ISBN 84-313-1352-8
- Triglav, Joc.** “ECW: ¿Compresión Wavelet más allá del límite?”. *Mapping*, vol. 62, 2000, p. 58-66
- Triola, Mario F.** *Estadística Elemental*. México: Addison Wesley Longman, 2000. 792 p. ISBN 968-444-341-2
- U.S.G.S.** “Digital orthophoto quadrangles”. *National Mapping and Remotely Sensed Data*, 1998, p. 10 pp.
- U.S.G.S.** “National Mapping Program Standards”. *National Mapping Information*, 1999, p. 10 pp.
- Velilla Lucini, C.; Salinas González, F.J.** “Ortofotografía Digital: Métodos, Precisiones y Aplicaciones a la Ingeniería”. *Actas XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*, 2001, p. 12 pp.
- Verbyla, David L.; Chang, K.** *Processing Digital Images in GIS*. Santa FE (USA): OnWorld Press, 1997. 295 p. ISBN 1-56690-135-9
- Villa Alcázar, G; García González, C; Serrano Saiz, F.** “Aspectos Técnicos de la realización de Ortofotos Digitales en Color 1/25.000”. *Mapping*, vol. 38, 1997, p. 88-100
- Vorobevskii, V.P.** “Methods of creating and updating digital orthophotomaps, plans, and elements of the contents of topographic maps”. *Journal of optical technology*, vol. 67, n. 11, 2000, p. 1008-1011



- Welch, R.A. and Jordan, T.R.** “Digital orthophoto production in the desktop environment”. *Geomatics Info Magazine*, vol. 10, n. 7, 1996, p. 26-27
- Wolf, Paul R.** *Elements of Photogrammetry with Air Photo Interpretation and Remote Sensing*. New York: McGraw-Hill, 1983. 628 p. ISBN 0-07-071345-6
- Wolf, Paul R. And Bon A. Dewitt.** *Elements of Photogrammetry with applications in GIS*. Boston: McGraw-Hill, 2000. 608 p. ISBN 0-07-292454-3





REFERENCIAS EN INTERNET SOBRE ORTOFOTOGRAFIA DIGITAL Y SUS APLICACIONES

(Consultadas entre enero y abril de 2.001)

http://www.geocaddsurveys.com/GIS_Mapping_Projects/index.htm

Página de la empresa Geocadd Surveys, dedicada fundamentalmente a la producción de ortofotografía digital.

<http://www.ntgisc.org/warehouse/sample/orthoview.html>

Mapa sobre un proyecto de ortofotografía digital en el Norte de Texas.

<http://www.ssrc.iup.edu/National%20Pipeline%20Safety/tsld027.htm>

Completa página que explica de forma detallada qué es una ortofotografía digital.

http://www.gisintegratedsolutions.com/gis_data_products/md_dept_of_natural_resources_doqqs/md_dept_of_natural_resources_doqqs.htm

Maryland Digital Orthophotography Quarter Quads.

http://www.in.nrcs.usda.gov/mlra11/in_doq.htm

El estado de Indiana en ortofotografía digital.

http://www.nps.gov/gis/metadata/mima/or2m_ut.html

Página explicativa sobre qué es la ortofotografía digital.

<http://www.vargis.com/index1.htm>

Página de la empresa Eyemap, en la que se describen sus servicios en relación con la ortofotografía digital.

<http://wisclinc.state.wi.us/metadata/county/dane/cdndop01.faq.html>

Se establecen unas preguntas sobre la ortofotografía digital, que son contestadas en esta página.

<http://www.gis.uiuc.edu/nrcs/doqstat.htm>

Cuestiones sobre la ortofotografía digital.

<http://www.vgin.vipnet.org/news/digortho.html>

Página que nos describe como son las ortofotografías digitales, escalas, descripciones, etc.

<http://www.ssrc.iup.edu/landbase/sld005.htm>

Página en donde se explica el concepto y utilidades sobre la ortofotografía digital.



http://www.nysgis.state.ny.us/gis3/data/dos.DigOrt_2I.html

South Shore Estuary Reseve-1994 Digital orthophotography.

<http://www.etopo.com/orthophotography.htm>

Completa web con imágenes ortofotográficas interesantes.

<http://www.esri.com/news/arcnews/fall00articles/digital-orthophoto.html>

ARC News. Digital orthophotography Boosts Scottish Maintenance program.

<http://www.il.nrcs.usda.gov/soils/orthosmall.gif>

Programa desarrollado con ortofotografía digital en Illinois.

<http://www.woolpert.com/photogrammetry/digital.html>

Página de la empresa WOOLPERT dedicada a la fotografía digital, en la que se muestran todos sus servicios y se incluyen interesantes imágenes.

<http://www.aerocon.com/applications.htm>

Web de la empresa AEROCON.

<http://www.ptimaps.com/toppage1.htm>

Pothogrammetric Technologies, inc. Empresa dedicada a la ortofotografía digital. Se presentan todos los servicios de esta corporación en este campo.

<http://www.vargis.com/services.htm>

VARGIS, servicio de gestión de mapas y cartografía en general.

<http://www.ogeta.com/consortium/projects/adopt/slides/sld001.htm>

Proyecto de la Región de Atlanta con Ortofotografía Digital. Es una corporación ortofotográfica sin ánimo de lucro.

<http://www.merrick.com/services/gis/orthofilm.asp>

Web de la empresa MERRICK, describiendo sus servicios en el campo del GIS y la Ortofotografía Digital.

http://www.conaers.com/digital_ortho.htm

Comtinent Aerial Survays Inc. Corporación dedicada a la producción y comercialización de ortofotografía.

<http://www.globalgeodata.com/ortho.html>

Incluye ejemplos de ortofotografías digitales.

<http://www.rdms.udel.edu/fgdc2/clearinghouse/metadata/ortsmysw.txt.cns.html>

Cuadrante Ortofotográfico Digital Smyrna_SW 3-3/4.



<http://www.esri.com/library/userconf/proc95/to150/p124.html>

Página muy completa, con interesantes explicaciones y numerosas imágenes.

<http://www.sbgmaps.com/index.htm>

Spencer B. Gross Inc., corporación que utiliza ortofotografía digital.

http://www.tobin.com/marketing_pages/products_services/data/data_digital_ortho_covg.htm

Cuadro que incluye una base de datos ortofotográficos.

<http://www.cgia.state.nc.us/gicc/policy/doqqsod.html>

Directorio sobre ortofotografía digital.

<http://www.asi-gis.com/digitalphotogram.htm>

Corporacion de servicios aéreos para ortofotografía digital.

<http://www.gisc.berkeley.edu/~flodmark/gisdata/doq/>

Descripción de los cuadrantes ortofotográficos.

<http://www.cityofla.org/BOE/rfpbid/doirfp.htm>

Proyecto en la ciudad de Los Angeles usando ortofotografía digital.

<http://giscafe.ibsystems.com/TechPapers/Papers/paper020/Demystifying.htm>

Página en la que se desmitifican las ventajas de la ortofotografía digital.

<http://www.esri.com/library/userconf/proc95/to100/p094.html>

Aspectos legales sobre el uso de la ortofotografía digital.

<http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/abstract/a312.htm>

Nuevas tecnologías para la ortofotografía digital.

<http://www.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/PAP726/p726.htm>

Mapa hecho usando ortofotografía en Nuevo México.

<http://www.stewart.com/stewartservices/services.htm>

Página de la Stewart Title Company, en la que se incluyen servicios relacionados con la ortofotografía digital .

<http://www.mi.nrcs.usda.gov/>

Página del USDA y del Natural Resources Conservation Service.

<http://www.rmam.com/>

Mapas aéreos de las Montañas Rocosas.



<http://www.foto.hut.fi/opetus/jarjestot/mmts/paivat/lysell.html>

Digital Orthophotography At The National Land Survey Of Sweden.

<http://www.lwmlspc.com/ortho.html>

Información sobre ortofotografía digital.

<http://www.spatialdc.com/mainpage.html>

Spatial Data Consultants, Inc. Empresa que trabaja con ortofotografía digital.

<http://www.possys.com/dimeservices.html>

Web de la empresa Positive systems.





ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 2.1 - Proyección central</i>	18
<i>Fig. 2.2 - Cámara fotogramétrica</i>	18
<i>Fig. 2.3 - Fotografía aérea vertical, con información adicional</i>	19
<i>Fig. 2.4 - Fotografía Aérea de Eje Vertical. Concepto de ortoimagen</i>	21
<i>Fig. 2.5 - Esquema de apoyo aéreo cinemático con G.P.S.</i>	23
<i>Fig. 2.6 - Esquema de ejecución de ortofoto digital</i>	28
<i>Fig. 3.1 - Esquema conceptual de un SIG.....</i>	45
<i>Fig. 3.2 - Tendencias de desarrollo de los principales componentes de los SIG.....</i>	46
<i>Fig. 3.3 - Funciones características de un GIS.....</i>	49
<i>Fig. 3.4 - Fundamentos de la representación raster en un GIS.....</i>	50
<i>Fig. 3.5 - Fundamentos de la representación vectorial en un GIS.....</i>	53
<i>Fig. 3.6 - Representación con estructura ARCO/NODO.....</i>	54
<i>Fig. 4.1 - Diferente contraste radiométrico entre ortofotografías contiguas.....</i>	66
<i>Fig. 4.2 - Errores en la georreferenciación.....</i>	66
<i>Fig. 4.3 - Ortofotografía Digitales con distinta resolución (0,25 m.p.p./1m.p.p.).....</i>	67
<i>Fig. 4.4 - Aplicación de filtros de detección de lados en ortoimagen</i>	70
<i>Fig. 4.5 - Requerimientos del SIG y de la Ortofotografía Digital</i>	71
<i>Fig. 4.6 - Esquema de georreferenciación con ficheros (.tfw)</i>	74
<i>Fig. 4.7 - Esquema de georreferenciación con ficheros (.geo)</i>	75
<i>Fig. 5.1 - Diferencias entre Parcela catastral y Finca</i>	83
<i>Fig. 5.2 - Distintos conceptos relacionados con la superficie catastral</i>	85
<i>Fig. 5.3 - Esquema sobre la evolución histórica del Catastro en España</i>	90
<i>Fig. 5.4 - Gráfico de inversiones del Primer Programa Operativo, por tipo de inversión</i>	94
<i>Fig. 5.5 - Gráfico de inversiones del Primer Programa Operativo, por anualidades</i>	94
<i>Fig. 5.6 - Gráfico de inversiones en el Segundo Programa Marco</i>	95
<i>Fig. 5.7 - Renovación catastral rústica en La Rioja</i>	100
<i>Fig. 5.8 - Datos de la situación actual del Catastro en La Rioja</i>	100
<i>Fig. 5.9 - Avance de los trabajos de Revisión Catastral rústica en La Rioja</i>	101
<i>Fig. 5.10 - Formato de las Ortofotografías 1:5.000</i>	104
<i>Fig. 5.11 - Imagen de Ortofotografía 1:5.000 de Catastro</i>	105
<i>Fig. 6.1 - Relaciones entre conceptos de Superficie Catastral y Superficie Agraria</i>	120
<i>Fig. 6.2 - Flujos de trabajo diferentes</i>	121
<i>Fig. 6.3 - Ortofotografías (125 m. x 125 m.) a 0,25 m/pixel y 1 m/pixel</i>	124
<i>Fig. 6.4 - Ampliación de linderos (Ø 35 m.), a 0,25 m/p y 1 m/p</i>	125
<i>Fig. 6.5 - Linderos de fincas rústicas, poco definidos</i>	125
<i>Fig. 6.6 - Indeterminación de los linderos en fincas rústicas</i>	126
<i>Fig. 6.7 - Gráfico para la determinación del tamaño de la muestra</i>	128
<i>Fig. 6.8 - Localización del municipio de Baños de Rioja</i>	129
<i>Fig. 6.9 - Estructura de Polígonos Parcelarios en Baños de Rioja</i>	130
<i>Fig. 6.10 - Situación de las fincas rústicas de la muestra</i>	131
<i>Fig. 6-11 - Levantamientos Topográficos de fincas rústicas</i>	132
<i>Fig. 6.12 - Distribución de Hojas en la Cartografía de la Comunidad Autónoma de La Rioja</i>	135
<i>Fig. 6.13 - Ortofotografía Digital de la D.G. del Medio Natural</i>	136



Fig. 6.14 - Distribución de Hojas en la Ortofotografías del MAPA	137
Fig. 6.15 - Ortofotografía Digital del MAPA	137
Fig. 6.16 - Distribución de Hojas y Ortofotos de la Dirección General del Catastro	138
Fig. 6.17 - Plano Catastral	140
Fig. 6.18 - Cartografía 1:5.000 sobre Ortofotografía Digital	141
Fig. 6.19 - Tiempos de ejecución de trabajos topográficos	142
Fig. 6.20 - Estación Total Electrónica	144
Fig. 6.21 - Componentes principales	144
Fig. 6.22 - Digitalización de planos catastrales con Microstation® SE	146
Fig. 6.23 - Pantalla de trabajo con GEOMEDIA® Profesional	148
Fig. 6.24 - Base de datos creada por GEOMEDIA® Profesional	149
Fig. 6.25 - Uso de la Base de Datos para generar Mapas Temáticos	150
Fig. 6.26 - Herramientas del Programa estadístico SPSS®.....	151
Fig. 6.27 - Digitalización de planos catastrales sobre mesa digitalizadora	154
Fig. 6.28 - Obtención de la superficie catastral a partir de Cartografía en papel	158
Fig. 6.29 - Proceso de digitalización de Planos catastrales parcelarios	159
Fig. 6.30 - Digitalización de ortofotos desde Microstation® SE	162
Fig. 6.31 - Digitalización de Ortofotos en GEOMEDIA® Profesional	163
Fig. 6.32 - Rango de visualización en digitalización en pantalla	164
Fig. 6.33 - Imagen sin comprimir	165
Fig. 6.34 - Imagen JPEG comprimida 1/5	166
Fig. 6.35 - Imagen JPEG comprimida 1/10	166
Fig. 6.36 - Imagen JPEG comprimida 1/20	166
Fig. 6.37 - Imagen JPEG comprimida 1/50	166
Fig. 6.38 - Indeterminación de linderos en fincas rústicas	167
Fig. 6.39 - Indeterminación de linderos en fincas rústica (II)	168
Fig. 6.40 - Métodos topográficos. Polígonos 2 y 3. Escala 1:20.000	170
Fig. 6.41 - Métodos topográficos. Polígono 5. Escala 1:20.000	172
Fig. 6.42 - Elipse de error en el cálculo de la longitud máxima de las visuales	173
Fig. 6.43 - Origen del Error Superficial Absoluto	176
Fig. 6.44 - Flujo de trabajo en el desarrollo de la Tesis	183

BIBLIOTECA VIRTUAL



APÉNDICES



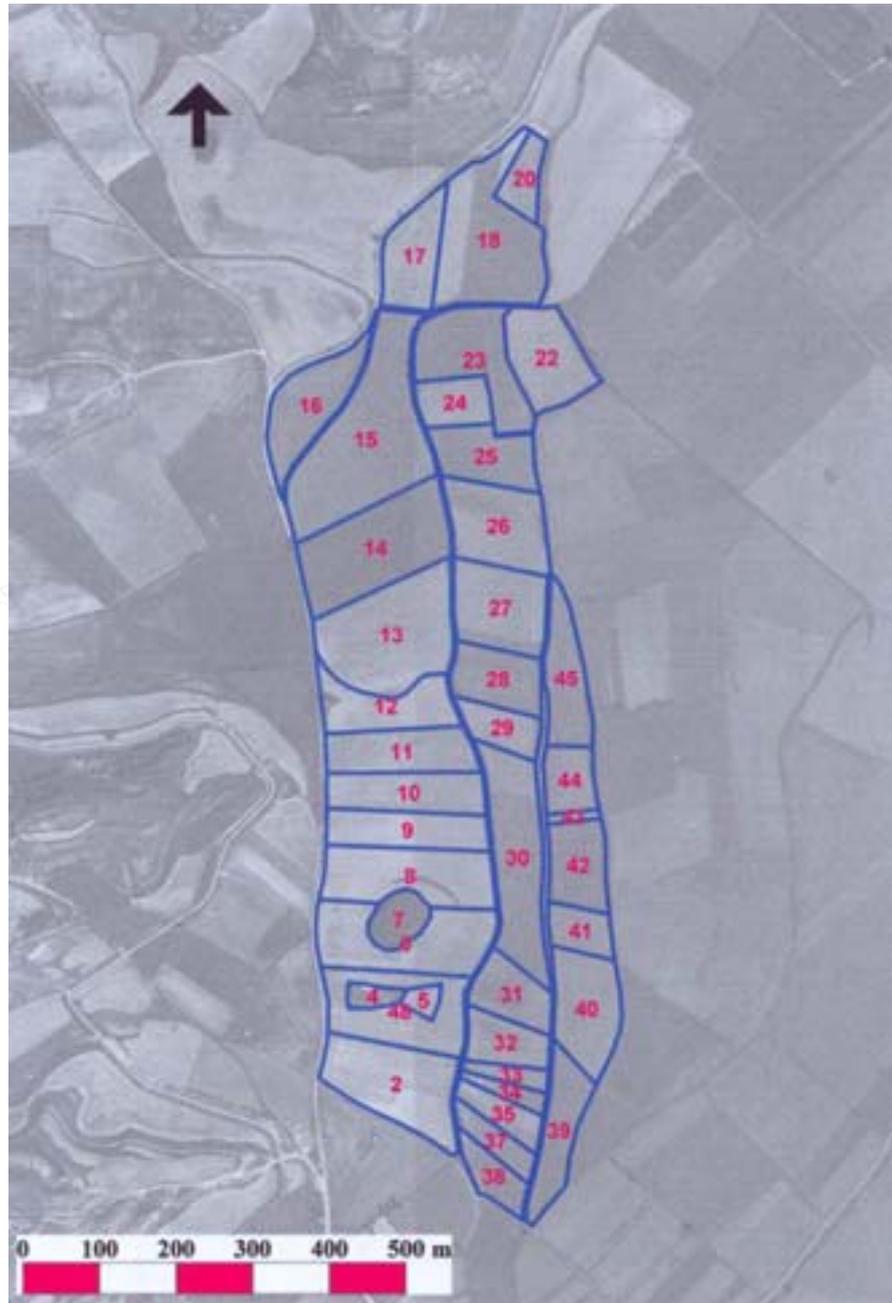
ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE I	<i>Levantamiento Topográfico de las Fincas del Polígono 2.</i>
APÉNDICE II	<i>Levantamiento Topográfico de las Fincas del Polígono 3.</i>
APÉNDICE III	<i>Levantamiento Topográfico de las Fincas del Polígono 5.</i>
APÉNDICE IV	<i>Parcelas Catastrales del Polígono 2.</i>
APÉNDICE V	<i>Parcelas Catastrales del Polígono 3.</i>
APÉNDICE VI	<i>Parcelas Catastrales del Polígono 4.</i>
APÉNDICE VII	<i>Parcelas Catastrales del Polígono 5.</i>
APÉNDICE VIII	<i>Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, Fincas del Polígono 2.</i>
APÉNDICE IX	<i>Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, Fincas del Polígono 3.</i>
APÉNDICE X	<i>Digitalización Ortofotos 1 m/pixel. Fincas del Polígono 4.</i>
APÉNDICE XI	<i>Digitalización Ortofotos 1 m/pixel. Fincas del Polígono 5.</i>
APÉNDICE XII	<i>Digitalización Ortofotos 0,25 m/pixel. Fincas del Polígono 3.</i>
APÉNDICE XIII	<i>Digitalización Ortofotos 0,25 m/pixel. Fincas del Polígono 5.</i>
APÉNDICE XIV	<i>Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/5.</i>
APÉNDICE XV	<i>Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/10.</i>
APÉNDICE XVI	<i>Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/20.</i>
APÉNDICE XVII	<i>Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/50.</i>
APÉNDICE XVIII	<i>Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, visualización 1:2.000.</i>
APÉNDICE XIX	<i>Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, visualización 1:1.000.</i>
APÉNDICE XX	<i>Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, visualización 1:500.</i>
APÉNDICE XXI	<i>Clasificación de Fincas Digitalizadas, según su tamaño.</i>
APÉNDICE XXII	<i>Clasificación de Fincas, según el tipo de camino al que lindan.</i>



APÉNDICE I.

Levantamiento Topográfico de las Fincas del Polígono 2.



Escala 1:10.000

Levantamiento_Fincas_Polígono_2

<i>Polígono</i>	<i>Parcela</i>	<i>Superficie</i>	<i>Perímetro</i>
2	2	17146	580
2	4	1945	198
2	5	1583	163
2	6	16371	719
2	7	4630	249
2	8	15759	613
2	9	10297	521
2	10	10802	517
2	11	10961	501
2	12	10553	573
2	13	22754	606
2	14	21362	623
2	15	30276	844
2	16	11869	617
2	17	9618	447
2	18	22288	733
2	20	4369	306
2	22	11793	431
2	23	14474	607
2	24	5919	310
2	25	9483	435
2	26	13576	480
2	27	13101	458
2	28	8883	387
2	29	5433	328
2	30	18619	781
2	31	7345	357
2	32	6490	348
2	33	2620	274
2	34	2334	276
2	35	4585	330
2	37	4166	333
2	38	4743	334
2	39	9376	553
2	40	12207	465
2	41	4849	288
2	42	8476	382
2	43	887	165
2	44	5744	306
2	45	9654	528
2	48	14076	892



APÉNDICE II

Levantamiento Topográfico de las Fincas del Polígono 3.



Escala 1:10.000

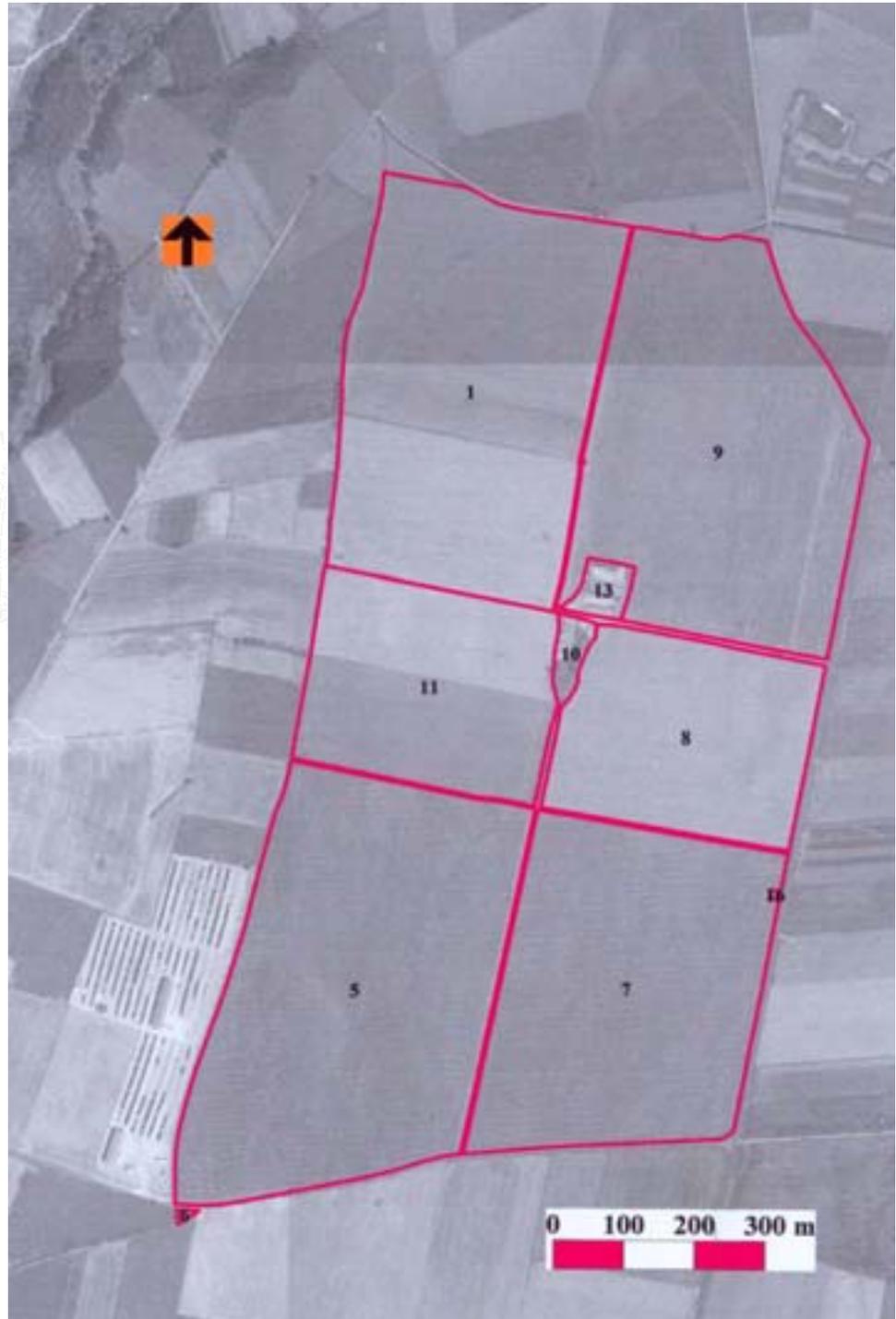
Levantamiento Topográfico Polígono 3

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
3	1	5528	352
3	2	12676	504
3	3	2806	344
3	4	25591	653
3	5	5488	362
3	6	4344	413
3	7	8164	416
3	8	14139	505
3	9	2021	267
3	10	20071	817
3	12	24872	838
3	13	4553	372
3	14	2206	335
3	15	5089	374
3	16	4683	381
3	17	51105	1234
3	18	7984	371
3	19	7883	374
3	20	7858	363
3	21	7632	391
3	22	616	123
3	23	19827	667
3	25	16445	633
3	26	6297	538
3	27	6581	564
3	28	6810	470
3	29	54523	1297
3	30	22958	703
3	31	11989	602
3	32	18945	550
3	33	3794	373
3	34	2352	359
3	35	10392	472
3	36	6513	342
3	37	12150	443
3	38	4160	316
3	39	3969	313
3	40	4936	358
3	41	4183	349
3	42	7934	395
3	44	10185	422
3	45	9158	402
3	46	10252	412
3	47	2103	297
3	48	4149	331
3	49	2196	304
3	50	4236	334
3	51	4255	333
3	52	6181	360
3	54	4826	341
3	55	2770	273
3	56	23349	891
3	57	3931	290
3	58	14921	672
3	59	14177	588
3	60	9472	511
3	61	4601	444
3	62	12435	507
3	63	3490	386
3	64	9903	450
3	65	4088	346
3	66	8458	392
3	67	3063	235
3	68	2733	216



APÉNDICE III

Levantamiento Topográfico de las Fincas del Polígono 5.



Escala 1:10.000

Levantamiento_Topográfico_Fincas_Polígono_5

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
5	1	196214	1827
5	5	221032	1931
5	6	319	87
5	7	166692	1683
5	8	95668	1238
5	9	189014	1929
5	10	4948	332
5	11	97562	1249
5	13	5728	323
5	16	183	54



APÉNDICE IV

Parcelas Catastrales del Polígono 2.



Escala 1:10.000

Parcelas Catastrales del Poligono 2

Poligono	Parcela	Superficie_plano	Perimetro_plano
2	1	9300	422
2	2	1837	273
2	3	1972	287
2	4	2086	303
2	5	11968	530
2	6	23740	739
2	7	12058	434
2	8	10272	578
2	9	4068	268
2	10	3997	273
2	11	1836	227
2	12	1599	214
2	13	6183	361
2	14	1843	287
2	15	4796	335
2	16	4795	331
2	17	4297	323
2	18	1992	285
2	19	2211	287
2	20	4333	319
2	21	14	44
2	22	24	40
2	23	2111	281
2	24	2334	284
2	25	27	43
2	26	3699	308
2	27	5920	343
2	28	136	100
2	29	37	36
2	30	1745	261
2	31	3642	281
2	32	122	88
2	33	2542	207
2	34	162	111
2	35	4432	287
2	36	3994	263
2	37	213	145
2	38	853	166
2	39	2951	228
2	40	2858	228
2	41	87	74
2	42	2017	211
2	43	2256	225
2	44	117	77
2	45	3119	238
2	46	1998	214
2	47	2888	244
2	48	266	206
2	49	5668	354
2	50	2115	239
2	51	60	57
2	52	3200	263
2	53	3245	271
2	54	6178	328
2	55	3612	283
2	56	1835	263
2	57	1809	267
2	58	1813	262
2	59	1767	257
2	60	2975	269
2	61	2477	266
2	62	2385	275
2	63	4586	331
2	64	4303	338
2	65	9047	526
2	66	4708	321

Poligono	Parcela	Superficie_plano	Perimetro_plano
2	67	1483	158
2	68	15713	583
2	69	15227	588
2	70	10616	545
2	72	20041	909
2	73	14078	566
2	74	9533	388
2	76	129	131
2	76	14584	524
2	77	7910	508
2	78	12980	680
2	78	5355	389
2	80	8000	790
2	81	24096	993
2	82	332	112
2	83	9396	406
2	84	9720	519
2	86	23320	652
2	86	22213	819
2	87	43143	969
2	88	6971	368
2	90	2289	233
2	91	12520	471
2	92	19847	688
2	93	12880	592
2	94	19648	606
2	96	1044	139
2	96	1252	154
2	97	21742	673
2	99	5012	342
2	100	1735	404
2	101	2874	247
2	102	16583	736
2	103	9843	483
2	104	11842	622
2	105	20442	614
2	106	19854	631
2	107	10311	505
2	108	10095	508
2	113	4601	250
2	114	15772	922
2	115	18519	949
2	116	1817	208
2	117	2623	219
2	118	2697	214
2	119	2418	199
2	120	2943	215
2	121	2236	228
2	123	8306	440
2	124	511	124
2	125	284	87
2	126	4224	295
2	127	2766	234
2	128	11273	563
2	129	2811	321
2	130	1403	195
2	132	4564	320
2	133	9497	441
2	134	12149	560
2	135	12159	470
2	136	11911	531
2	137	11637	476
2	138	6780	528
2	139	129	45
2	140	10288	436



APÉNDICE V

Parcelas Catastrales del Polígono 3.



Escala 1:10.000

Parcelas Catastrales del Polígono 3

Polígono	Parcelas	Superficie plano	Perimetro plano
3	1	4793	342
3	2	8318	387
3	3	4353	309
3	4	14464	510
3	5	3119	286
3	6	4501	371
3	7	746	123
3	8	342	103
3	9	965	131
3	10	6401	393
3	11	2765	348
3	12	14538	524
3	13	1774	211
3	14	4907	372
3	15	9638	707
3	16	15944	656
3	17	10088	602
3	18	1027	206
3	19	2844	228
3	20	4427	320
3	21	2327	363
3	22	1937	365
3	23	1957	369
3	24	2204	377
3	25	4105	404
3	27	10373	524
3	28	2850	247
3	30	2670	266
3	31	2572	292
3	32	5547	347
3	33	4482	334
3	34	2083	302
3	35	974	286
3	36	1061	290
3	37	1097	291
3	38	994	289
3	39	1160	291
3	40	1091	290
3	41	2188	304
3	42	1965	297
3	43	2057	297
3	44	6290	354
3	45	1930	189
3	46	10439	461
3	47	5093	361
3	48	4058	331
3	49	13862	503
3	50	6163	334
3	51	1104	242
3	52	903	237
3	53	664	231
3	54	2151	350
3	55	5771	386
3	56	2428	339
3	57	1188	322
3	58	1302	326
3	59	2098	343
3	60	3280	242
3	61	3500	274
3	62	7041	344
3	63	2465	211
3	64	2107	357
3	65	5469	387
3	66	2546	234
3	67	2583	383
3	68	2438	255
3	69	4210	271
3	70	1132	226
3	71	2001	264
3	72	15892	651
3	73	6124	626
3	74	5677	531

Polígono	Parcelas	Superficie plano	Perimetro plano
3	76	6139	532
3	78	6014	643
3	77	6135	568
3	79	9742	415
3	79	6038	374
3	80	4222	376
3	81	3971	378
3	82	2134	361
3	83	4317	386
3	84	5638	406
3	85	4018	315
3	86	3848	313
3	87	4379	265
3	88	702	281
3	89	552	279
3	90	741	283
3	91	718	283
3	92	566	278
3	93	890	285
3	94	2327	314
3	95	3801	339
3	96	4095	343
3	97	1606	254
3	98	4991	313
3	99	5083	366
3	100	2670	336
3	101	2504	307
3	102	4882	367
3	103	7597	401
3	104	4023	407
3	105	4639	381
3	106	3402	368
3	107	4688	362
3	108	3662	299
3	109	4166	309
3	110	4132	312
3	112	1847	185
3	113	1955	216
3	114	1931	295
3	116	6510	468
3	116	784	148
3	117	1688	225
3	118	4122	287
3	119	4359	346
3	120	4618	376
3	121	8023	581
3	122	3686	260
3	123	2414	363
3	124	4045	309
3	125	4049	347
3	126	4106	353
3	127	3103	273
3	128	3649	313
3	129	6261	321
3	130	12119	788
3	131	11032	657
3	132	4109	294
3	133	21323	876
3	134	15099	813
3	135	14907	683
3	136	2192	264
3	137	4289	263
3	138	5378	350
3	139	3947	412
3	140	4063	425
3	141	3829	438
3	142	4686	320
3	143	2201	262
3	144	2699	321
3	145	3931	303
3	147	2949	233



APÉNDICE VI

Parcelas Catastrales del Polígono 4.



Escala 1:10.000

Parcelas Catastrales del Polígono 1

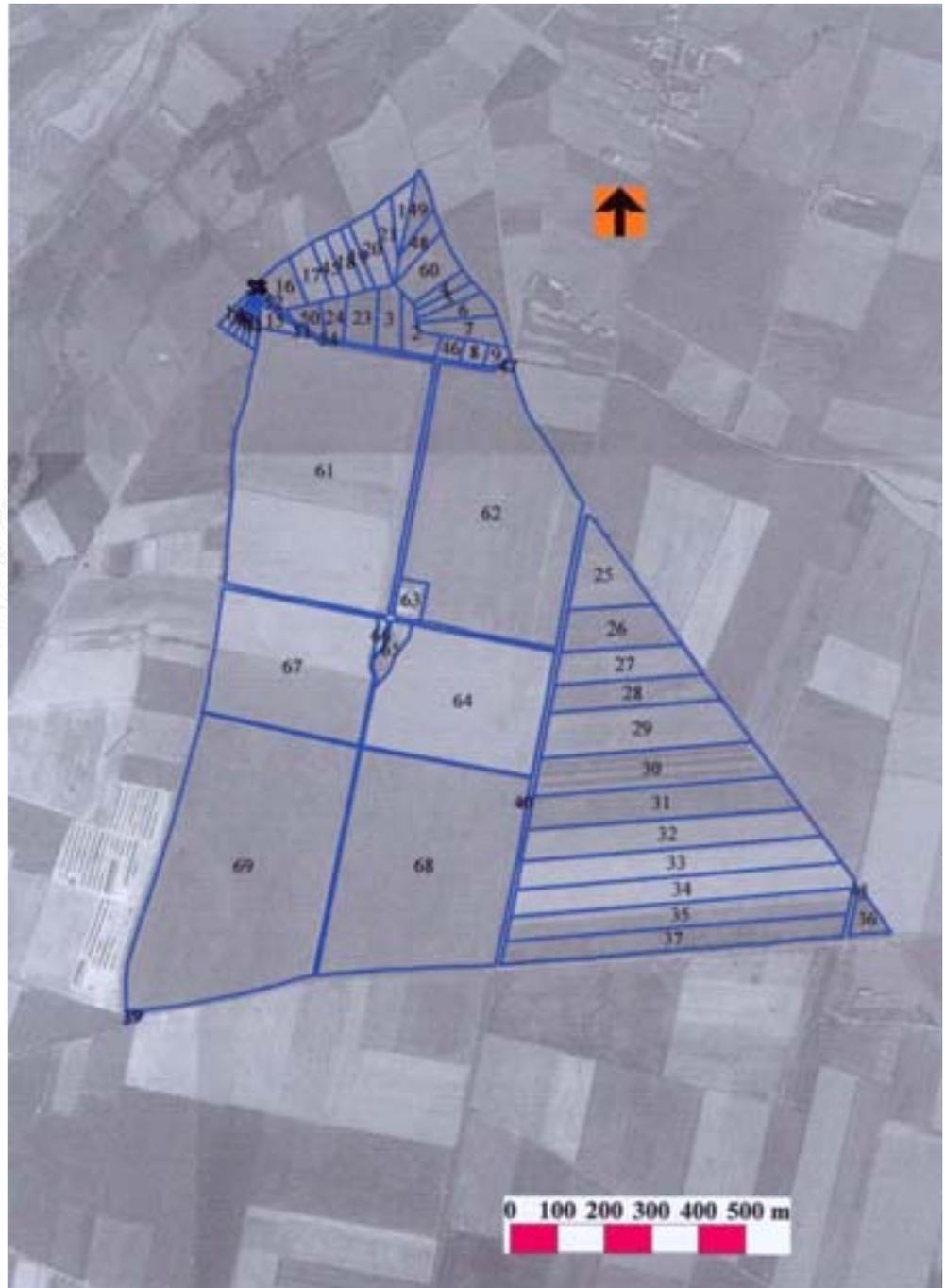
Polígono	Parcelas	Superficie plano	Perimetro plano
4	37	2592	242
4	148	2271	200
4	35	9089	480
4	38	2185	186
4	39	130	75
4	40	674	228
4	41	372	119
4	149	7104	487
4	180	988	163
4	31	2232	260
4	34	156	55
4	30	1099	162
4	28	1223	184
4	28	1405	207
4	27	1460	219
4	28	1199	218
4	25	1379	225
4	115	1163	226
4	114	1119	229
4	113	1299	241
4	112	1432	255
4	145	1776	185
4	118	5738	317
4	117	5769	321
4	118	2167	226
4	170	2190	234
4	118	2113	239
4	120	1424	231
4	121	2833	268
4	122	1360	240
4	123	2109	267
4	124	2192	269
4	125	2177	270
4	126	4443	315
4	127	2228	287
4	129	2246	292
4	129	1890	287
4	130	2391	316
4	171	2603	340
4	131	2187	357
4	132	4488	413
4	133	4166	419
4	134	2456	400
4	135	2166	409
4	138	2199	410
4	32	670	120
4	154	3524	423
4	85	34581	794
4	42	7116	482
4	44	4250	301
4	97	3728	264
4	94	5349	326
4	92	2040	303
4	91	2039	316
4	90	2490	323
4	89	2043	321
4	88	2720	319
4	187	2891	339
4	89	2428	254
4	93	1066	166
4	8	7332	608
4	165	6647	414
4	100	2668	198
4	101	797	126
4	102	3907	320
4	104	1275	146
4	181	688	111
4	111	3381	292
4	108	1901	244
4	162	789	156
4	183	333	102
4	108	1329	242
4	105	1948	304
4	103	3312	313
4	107	70	35
4	184	715	119
4	109	787	121
4	110	1299	154
4	22	1458	166
4	23	1995	186
4	24	1192	159
4	21	4551	332

Polígono	Parcelas	Superficie plano	Perimetro plano
4	20	3999	300
4	19	4280	300
4	156	653	240
4	19	2473	277
4	17	4658	360
4	18	213	59
4	15	2153	188
4	14	877	136
4	13	1016	138
4	12	2441	391
4	11	2366	274
4	10	2334	266
4	148	91	73
4	87	7222	380
4	88	9200	408
4	5	7448	364
4	6	2870	302
4	7	3345	258
4	36	9891	1036
4	138	560	115
4	139	545	85
4	140	613	111
4	141	1017	153
4	142	773	156
4	143	1712	184
4	144	1218	170
4	84	1499	239
4	83	1089	187
4	82	1486	195
4	81	918	168
4	80	1709	184
4	79	1486	175
4	78	1185	164
4	76	1511	170
4	75	688	116
4	52	407	103
4	53	523	114
4	54	493	119
4	55	562	128
4	58	503	132
4	57	492	137
4	58	548	144
4	59	506	148
4	80	548	154
4	61	461	157
4	82	621	164
4	83	593	170
4	84	464	170
4	85	592	177
4	87	1162	143
4	88	2859	224
4	88	1859	199
4	89	1787	189
4	188	6291	439
4	9	5398	625
4	4	8341	590
4	70	1683	257
4	72	2722	229
4	73	1523	200
4	74	1559	207
4	188	3062	256
4	2	3461	250
4	71	3080	245
4	48	7400	478
4	45	13155	542
4	48	3477	258
4	153	1772	235
4	43	1823	258
4	88	477	232
4	151	1538	238
4	182	1620	246
4	158	13648	493
4	197	14616	525
4	49	42279	1290
4	1	36662	801
4	159	32302	923
4	33	302	88
4	147	17	19
4	155	2981	263
4	3	50812	1205
4	47	270	67



APÉNDICE VII

Parcelas Catastrales del Polígono 5.



Escala 1:15.000

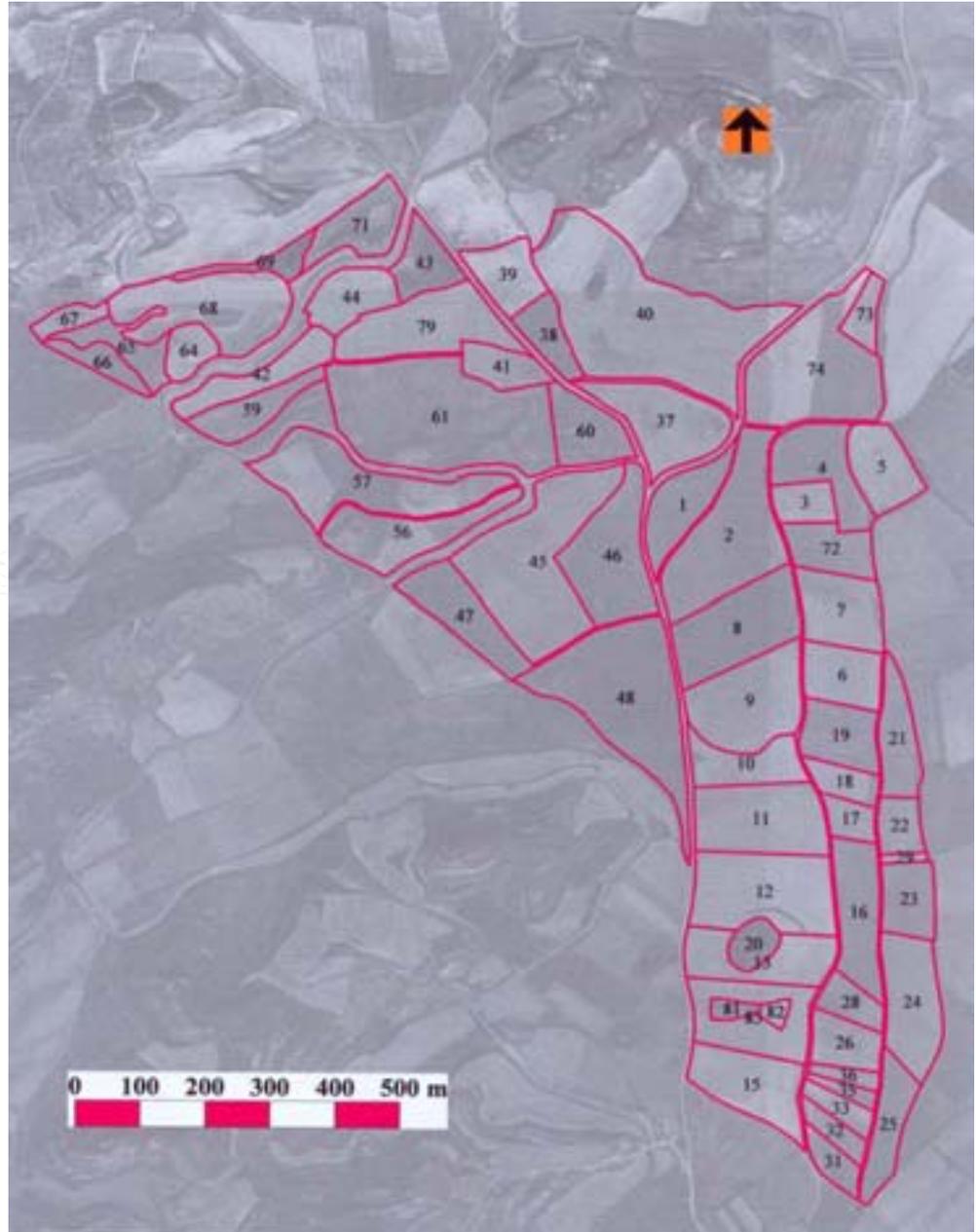
Parcelas Catastrales del Polígono 5

Polígono	Parcela	Superficie_plano	Perimetro_plano
5	1	4141	413
5	2	5967	399
5	3	7044	372
5	4	3146	313
5	5	3399	340
5	6	5368	395
5	7	7860	458
5	8	2602	205
5	9	1992	176
5	11	1298	242
5	12	1029	229
5	13	1100	224
5	14	1486	226
5	15	2900	280
5	16	6483	325
5	17	6647	353
5	18	4913	351
5	19	3095	335
5	20	7486	411
5	21	5112	412
5	23	7791	366
5	24	4250	275
5	25	19604	639
5	26	19478	635
5	27	19858	726
5	28	20089	813
5	29	39394	1032
5	30	39299	1153
5	31	40087	1270
5	32	40575	1375
5	33	40134	1470
5	34	40691	1548
5	35	38944	1571
5	36	4433	288
5	37	35766	1561
5	38	1066	219
5	39	406	102
5	40	189	53
5	41	75	36
5	45	4506	335
5	46	2652	207
5	47	369	92
5	48	5055	394
5	49	5134	410
5	50	3599	262
5	51	304	98
5	52	879	211
5	54	79	75
5	55	49	55
5	56	37	51
5	57	26	47
5	58	34	46
5	59	48	46
5	60	10280	435
5	61	210526	1862
5	62	168030	1715
5	63	4969	292
5	64	96170	1244
5	65	4767	367
5	66	1436	203
5	67	93321	1229
5	68	168276	1695
5	69	216658	1919



APÉNDICE VIII

Digitalización Ortofotos 1 m/píxel, Fincas del Polígono 2.



Escala 1:10.000

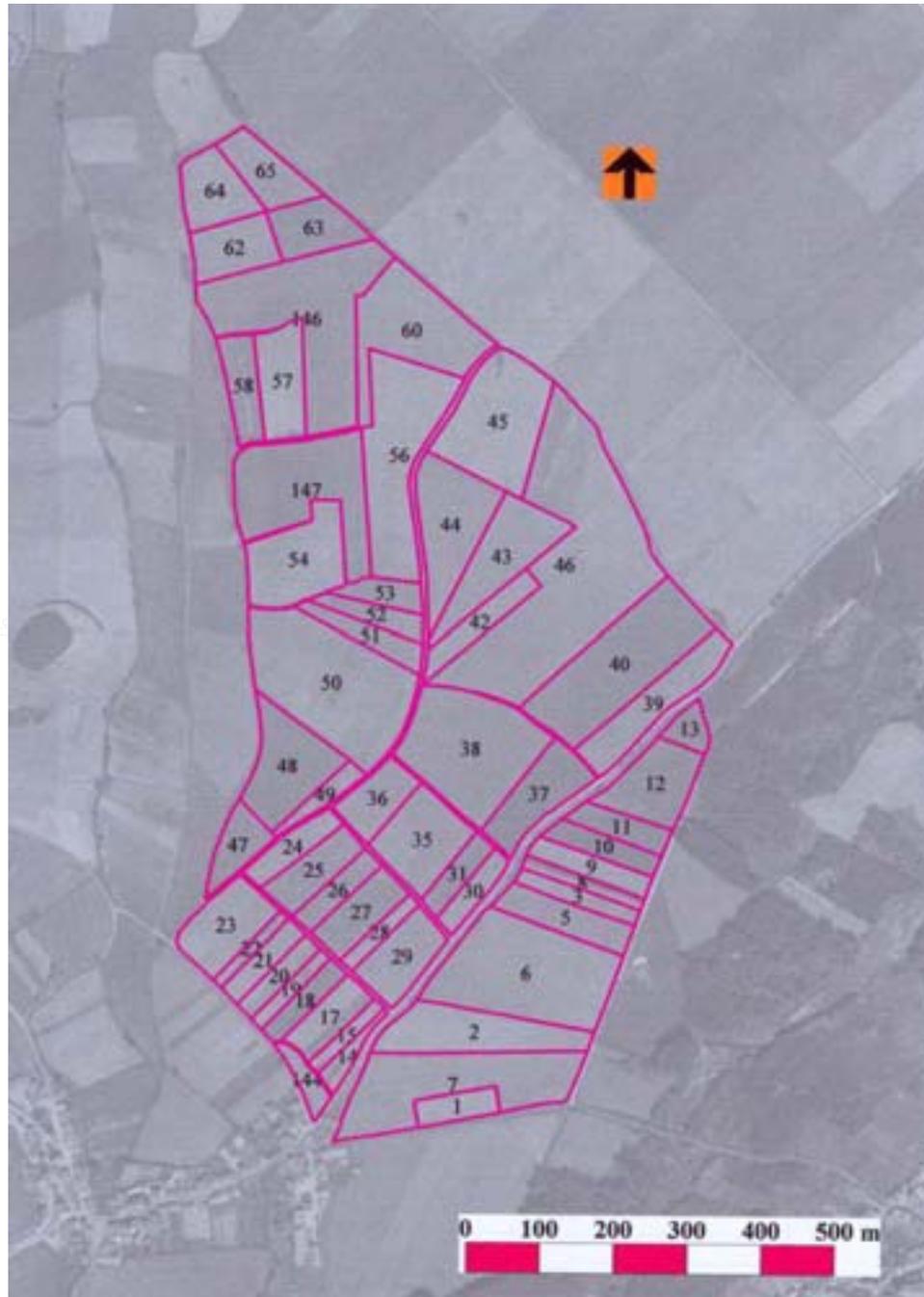
Digitalización Ortofotos 1 m/pixel. Fincas del Polígono 2

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
2	1	12045	579
2	2	30111	837
2	3	5834	309
2	4	14518	613
2	5	11612	425
2	6	10931	424
2	7	13656	479
2	8	21658	630
2	9	22334	600
2	10	11032	564
2	11	21643	610
2	12	25573	699
2	13	14296	707
2	15	16500	591
2	16	15292	634
2	17	4554	289
2	18	5467	334
2	19	11056	435
2	20	4674	252
2	21	10576	535
2	22	5813	309
2	23	9391	393
2	24	17028	579
2	25	10198	557
2	26	8063	373
2	28	5616	323
2	29	1018	174
2	31	4573	323
2	32	4103	323
2	33	4275	316
2	35	2249	268
2	36	2576	267
2	37	18708	666
2	38	6966	386
2	39	9474	412
2	40	59642	1208
2	41	7236	373
2	42	10727	621
2	43	8424	417
2	44	10005	419
2	45	38536	978
2	46	22186	678
2	47	14117	583
2	48	38748	1079
2	56	16774	738
2	57	27334	1001
2	59	9298	520
2	60	11191	450
2	61	50667	991
2	64	5400	281
2	65	8280	729
2	66	5146	412
2	67	3686	305
2	68	25376	899
2	69	4814	552
2	71	11541	527
2	72	9720	440
2	73	4380	313
2	74	31718	836
2	79	21539	767
2	81	2016	204
2	82	1499	158
2	83	16892	937



APÉNDICE IX

Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, Fincas del Polígono 3.



Escala 1:10.000

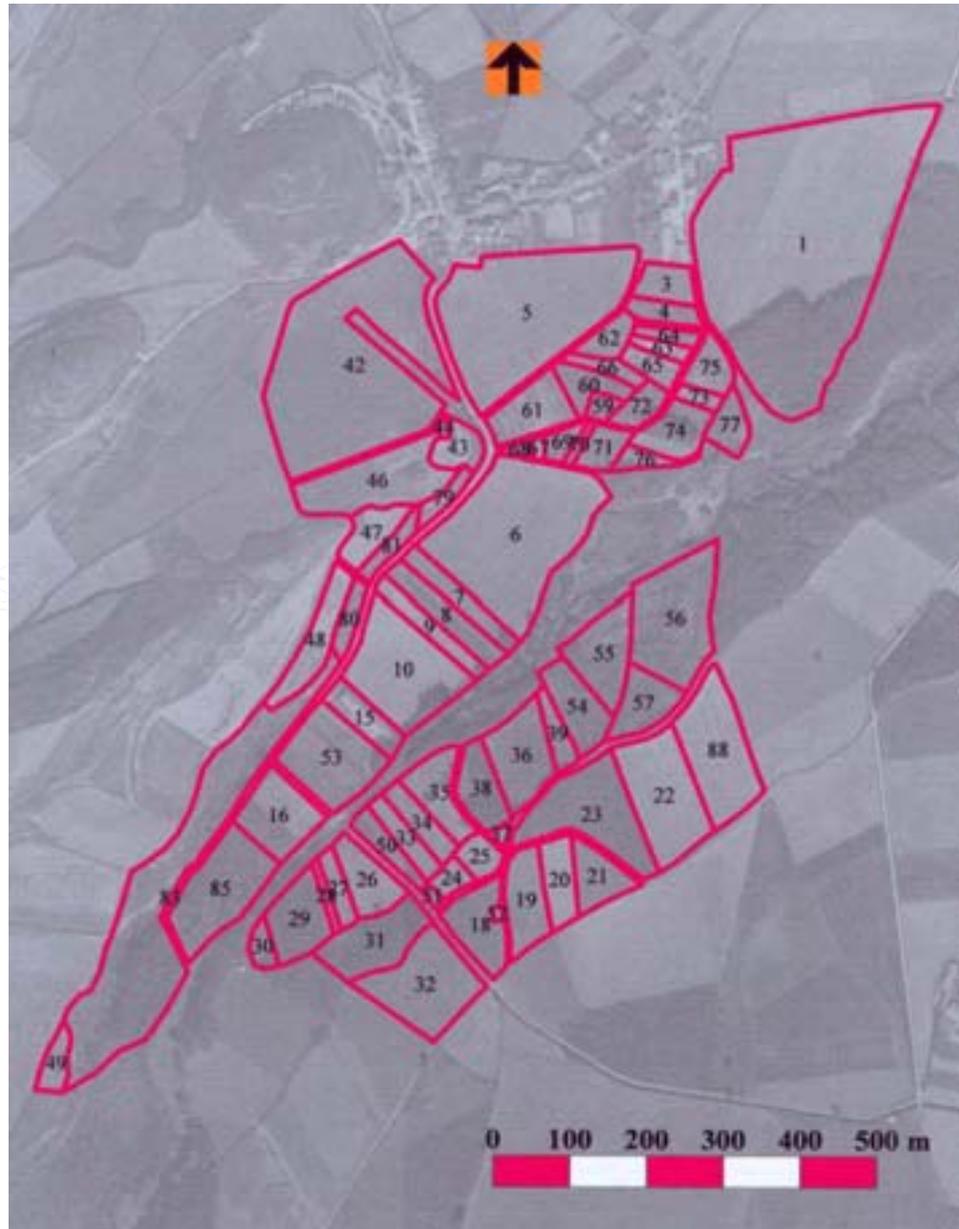
Digitalización Ortofotos 1 m/pixel. Fincas del Polígono 3

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
3	1	4212	299
3	2	14621	665
3	3	4041	392
3	5	7897	459
3	6	28794	714
3	7	23615	898
3	8	3043	379
3	9	5411	401
3	10	4884	377
3	11	4829	347
3	12	10639	439
3	13	2810	223
3	14	2384	306
3	15	2389	291
3	17	6098	354
3	18	4214	332
3	19	2633	310
3	20	3809	326
3	21	4168	330
3	22	2057	295
3	23	10230	408
3	24	5106	355
3	25	7176	385
3	26	4439	337
3	27	7304	376
3	28	2692	302
3	29	8572	386
3	30	3910	314
3	31	4093	315
3	35	11811	438
3	36	6732	345
3	37	10030	463
3	38	24968	625
3	39	11293	596
3	40	24949	715
3	42	6119	466
3	43	13608	612
3	44	15676	617
3	45	20342	577
3	46	53284	1301
3	47	5543	348
3	48	13638	528
3	49	3098	335
3	50	31292	719
3	51	5049	425
3	52	4151	370
3	53	3865	314
3	54	14228	508
3	56	24209	834
3	57	9580	440
3	58	6421	392
3	60	19295	775
3	62	8108	374
3	63	7723	372
3	64	8579	377
3	65	7584	391
3	144	2726	272
3	146	32063	985
3	147	22696	823



APÉNDICE X

Digitalización Ortofotos 1 m/pixel. Fincas del Polígono 4.



Escala 1:10.000

Digitalización Ortofotos 1 m/pixel. Fincas del Polígono 4.

Polígono	Parcela	Perímetro	Superficie
4	1	1193	81510
4	3	252	3594
4	4	246	2677
4	5	790	35353
4	6	745	32274
4	7	424	4667
4	8	434	5697
4	9	409	4118
4	10	534	16520
4	15	315	4461
4	16	365	8255
4	18	403	6727
4	19	373	6669
4	20	316	4784
4	21	319	4890
4	22	510	14160
4	23	610	14482
4	25	194	2661
4	26	322	5675
4	27	259	2563
4	28	224	1037
4	29	347	7104
4	30	180	1703
4	31	414	9011
4	32	495	13188
4	33	309	3418
4	34	308	3799
4	35	378	5862
4	36	404	8879
4	37	106	519
4	38	311	5454
4	39	273	2694
4	42	1257	48994
4	43	253	3412
4	54	344	6362
4	88	518	13851
4	51	95	484
4	24	182	1882
4	44	84	331
4	46	591	13201
4	47	300	4363
4	48	470	6450
4	49	233	2489
4	50	308	3165
4	52	65	260
4	53	433	12004
4	55	408	8130
4	56	525	16677
4	57	329	5590
4	58	145	1255
4	60	314	3712
4	61	347	6653
4	62	237	2973
4	63	198	1477
4	64	208	1542
4	65	231	2676
4	66	262	2089
4	67	93	489
4	68	117	604
4	69	184	1719
4	70	155	727
4	71	231	3059
4	72	223	2756
4	73	165	1313
4	74	305	5394
4	75	254	3630
4	76	277	1873
4	77	240	3207
4	79	245	1895
4	80	248	2273
4	81	277	2225
4	83	1506	39284
4	85	490	12984



APÉNDICE XI

Digitalización Ortofotos 1 m/pixel. Fincas del Polígono 5.



Escala 1:15.000

Digitalización Ortofotos 1 m/pixel. Fincas del Polígono 5

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
5	1	186623	1937
5	2	95562	1245
5	3	167194	1682
5	4	221191	1933
5	5	97094	1246
5	6	193411	1816
5	7	37225	1574
5	8	39746	1592
5	9	80722	1640
5	10	41997	1396
5	11	39941	1280
5	12	43156	1175
5	13	38602	1035
5	14	19838	823
5	15	20320	739
5	16	19774	640
5	17	19192	624
5	18	5523	320
5	19	1043	257
5	20	6996	334
5	21	26056	662
5	22	22906	644
5	23	4666	406
5	24	4213	435
5	25	21035	680
5	28	11805	467
5	30	21734	731
5	31	664	130
5	32	2952	265
5	33	226	87
5	35	4971	283
5	36	3093	320
5	37	1521	223
5	39	256	64
5	40	282	84
5	41	5088	303
5	42	91	38



APÉNDICE XII

Digitalización Ortofotos 0,25 m/pixel. Fincas del Polígono 3.



Escala 1:10.000

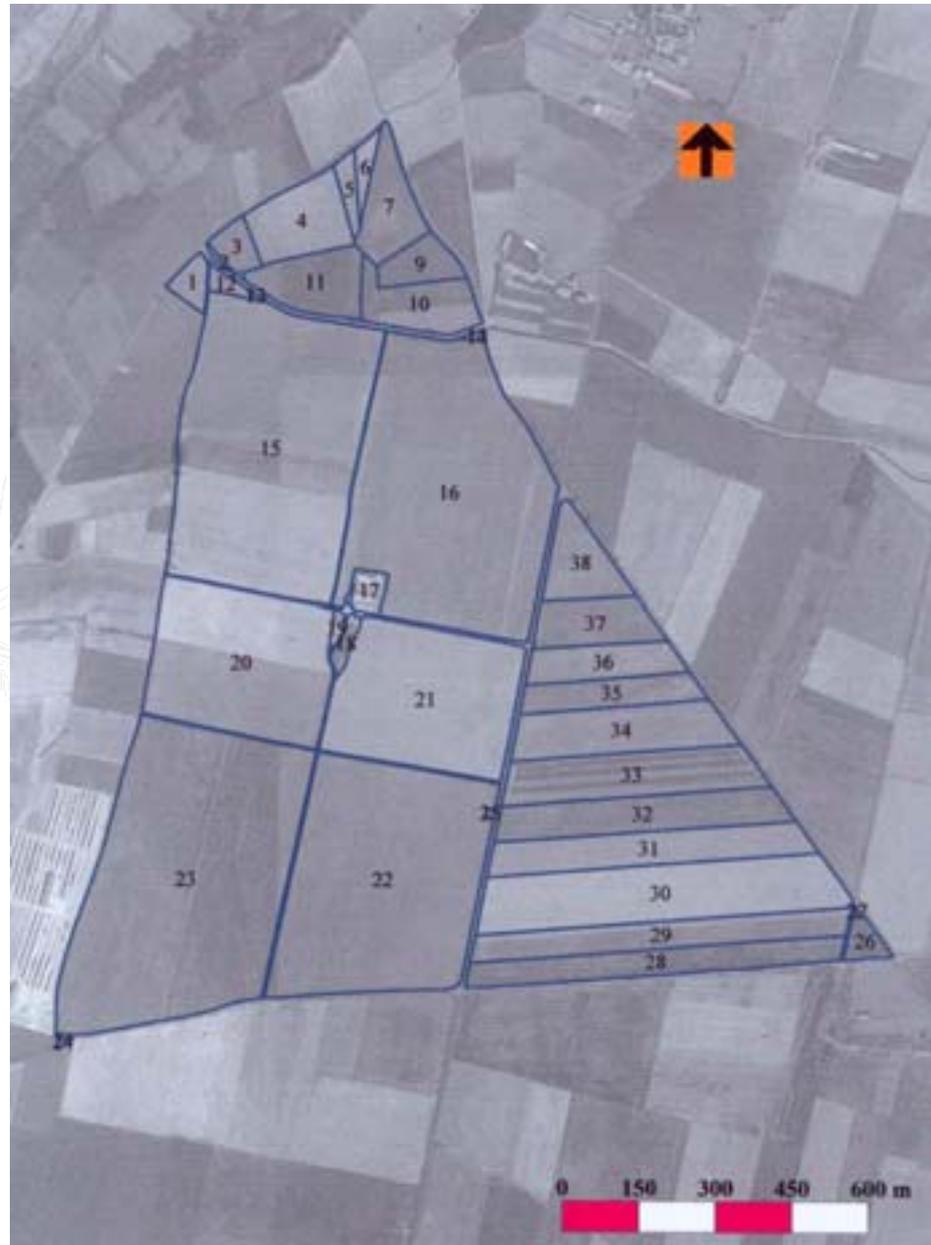
Digitalización Ortofotos 0,25 m/pixel. Fincas del Polígono 3

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
3	1	7795	360
3	2	7507	388
3	3	8133	375
3	4	7669	370
3	5	32159	986
3	7	6619	397
3	8	19590	762
3	9	9772	445
3	10	24279	831
3	11	22017	819
3	12	14180	509
3	13	3706	310
3	14	4416	372
3	16	4237	412
3	17	31493	721
3	18	12753	506
3	19	5839	362
3	20	3096	328
3	21	20102	574
3	22	53432	1295
3	23	6513	461
3	24	13108	614
3	25	16166	619
3	26	24970	717
3	27	11513	598
3	28	24949	629
3	29	10277	468
3	30	3963	317
3	31	4358	324
3	32	12072	443
3	34	6716	345
3	35	8972	397
3	36	2822	309
3	37	7202	377
3	39	4817	346
3	40	7048	383
3	41	5001	355
3	42	10313	413
3	43	2126	297
3	44	4131	331
3	45	2311	305
3	46	4164	329
3	47	6182	361
3	49	2369	291
3	50	2479	307
3	51	2888	279
3	52	24057	897
3	53	4182	299
3	55	14336	668
3	56	28330	708
3	57	8042	460
3	58	4169	400
3	59	3467	387
3	60	5049	400
3	61	5090	384
3	62	4890	359
3	63	10747	450
3	64	2926	226
3	65	4172	331



APÉNDICE XIII

Digitalización Ortofotos 0,25 m/pixel. Fincas del Polígono 5.



Escala 1:15.000

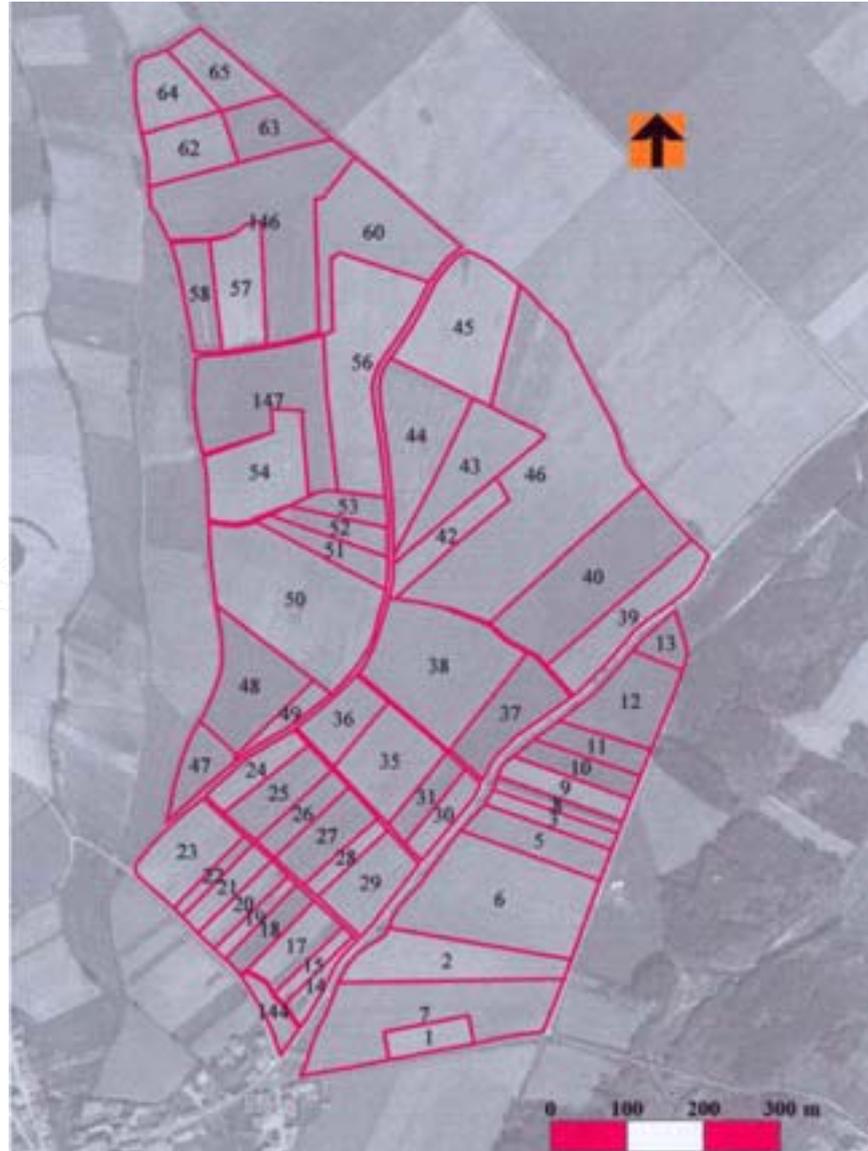
Digitalización Ortofotos 0.25 m/pixel. Fincas del Polígono 5

Polígono	Parcela	Perímetro	Superficie
5	1	318	5528
5	2	238	882
5	3	338	6950
5	4	661	25951
5	5	392	4693
5	6	443	4256
5	7	682	21106
5	9	468	11655
5	10	733	21901
5	11	649	23175
5	12	264	2778
5	13	114	287
5	14	129	612
5	15	1822	194417
5	16	1942	189596
5	17	283	5066
5	18	313	3144
5	19	201	1433
5	20	1244	97248
5	21	1241	96524
5	22	1684	167109
5	23	1932	219982
5	24	91	340
5	25	64	252
5	26	307	5168
5	27	33	66
5	28	1576	37606
5	29	1592	39966
5	30	1640	79957
5	31	1399	42135
5	32	1282	40059
5	33	1179	43361
5	34	1036	38534
5	35	822	19897
5	36	737	19946
5	37	654	20547
5	38	639	20253



APÉNDICE XIV

Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/5.



Escala 1:10.000

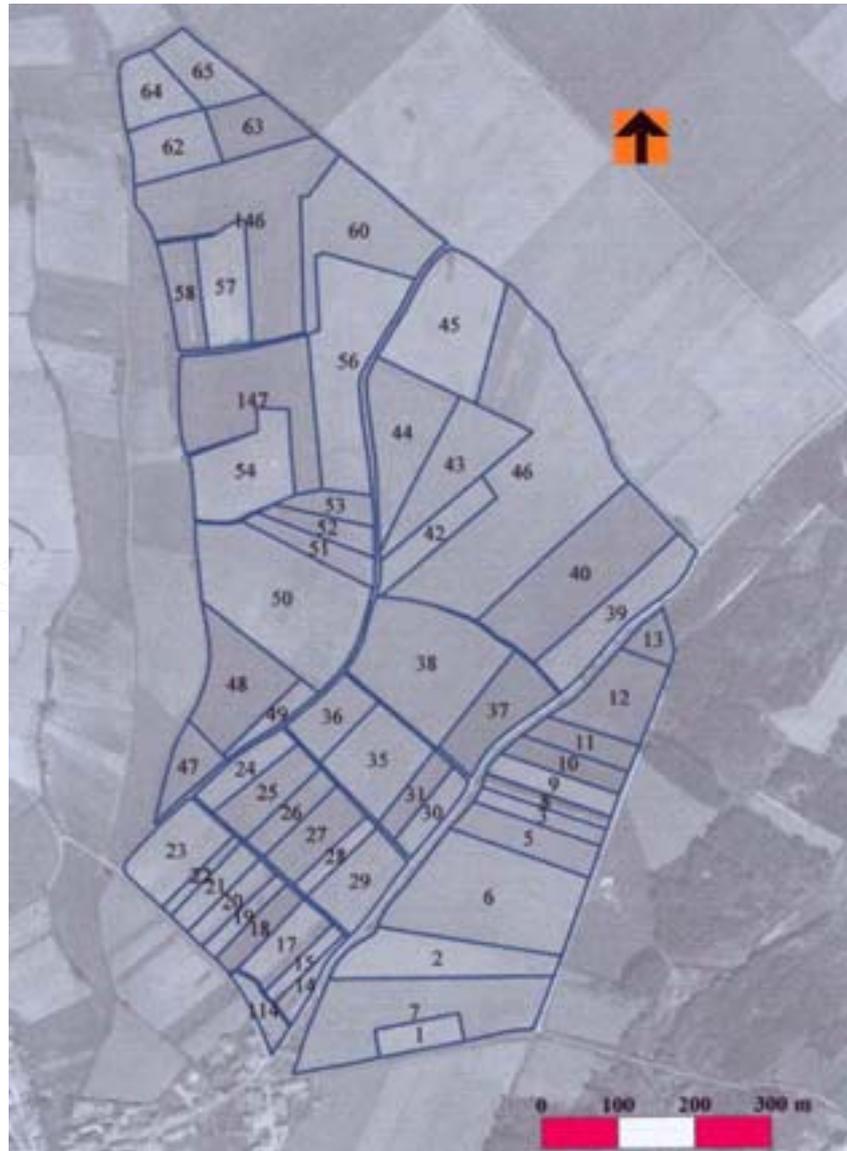
Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/5.

Poligono	Parcela	Superficie	Perimetro
3	1	4223	300
3	2	14387	668
3	3	4068	397
3	5	8107	462
3	6	28441	709
3	7	23894	900
3	8	2947	381
3	9	5519	405
3	10	4919	379
3	11	4823	352
3	12	11136	445
3	13	2909	228
3	14	2509	312
3	15	2414	293
3	17	6060	356
3	18	4263	334
3	19	2419	308
3	20	4046	332
3	21	4230	334
3	22	2144	298
3	23	10292	410
3	24	4852	349
3	25	7088	381
3	26	4421	338
3	27	7224	375
3	28	2847	301
3	29	8706	388
3	30	4022	315
3	31	4151	317
3	35	12011	441
3	36	6674	344
3	37	10439	467
3	38	24798	629
3	39	11507	595
3	40	24636	713
3	42	6469	463
3	43	13271	613
3	44	15978	619
3	45	19958	571
3	46	53337	1282
3	47	5008	343
3	48	13744	529
3	49	2748	332
3	50	30915	713
3	51	4934	418
3	52	4113	363
3	53	3680	304
3	54	14086	505
3	56	24286	827
3	57	9961	445
3	58	6183	386
3	60	19126	759
3	62	7995	372
3	63	7447	367
3	64	7628	354
3	65	7235	381
3	144	2674	271
3	146	32059	981
3	147	22343	829



APÉNDICE XV

Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/10.



Escala 1:10.000

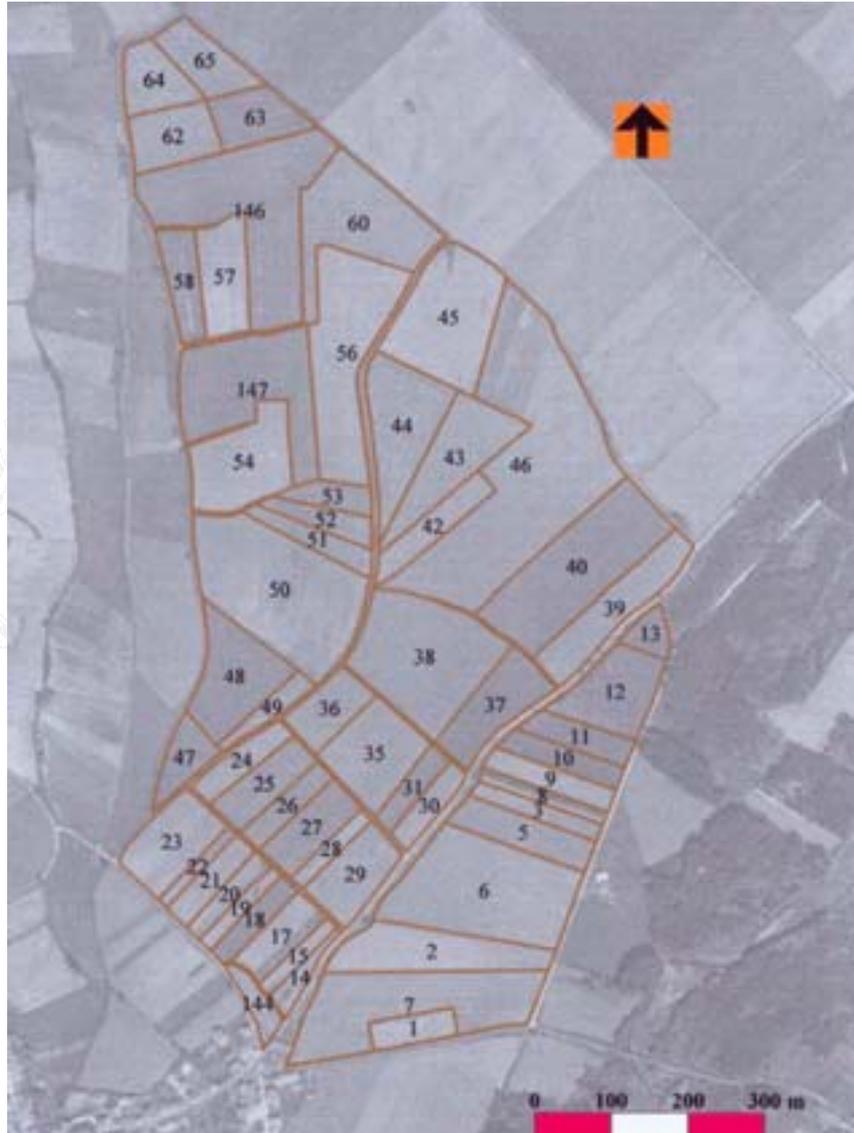
Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/10.

Poligono	Parcela	Superficie	Perímetro
3	1	4190	299
3	2	14007	664
3	3	4021	395
3	5	8260	464
3	6	28527	709
3	7	24175	896
3	8	3105	382
3	9	5431	403
3	10	4879	379
3	11	4916	353
3	12	10757	441
3	13	2910	227
3	14	2460	313
3	15	2515	296
3	17	6094	357
3	18	4271	334
3	19	2821	315
3	20	3817	330
3	21	4280	334
3	22	2003	298
3	23	10269	412
3	24	5022	353
3	25	6997	382
3	26	4467	340
3	27	7345	377
3	28	2843	306
3	29	8797	392
3	30	4045	313
3	31	3943	311
3	35	12054	441
3	36	6652	343
3	37	10368	467
3	38	25101	629
3	39	11780	603
3	40	24792	713
3	42	6638	462
3	43	13850	614
3	44	15311	617
3	45	20142	572
3	46	52702	1286
3	47	5039	346
3	48	13888	537
3	49	2961	332
3	50	30776	713
3	51	5008	421
3	52	4170	365
3	53	3771	310
3	54	14207	507
3	56	24508	833
3	57	9815	443
3	58	6258	383
3	60	19382	765
3	62	8182	373
3	63	7571	369
3	64	7138	349
3	65	7259	382
3	114	2802	276
3	146	32075	984
3	147	22413	830



APÉNDICE XVI

Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/20.



Escala 1:10.000

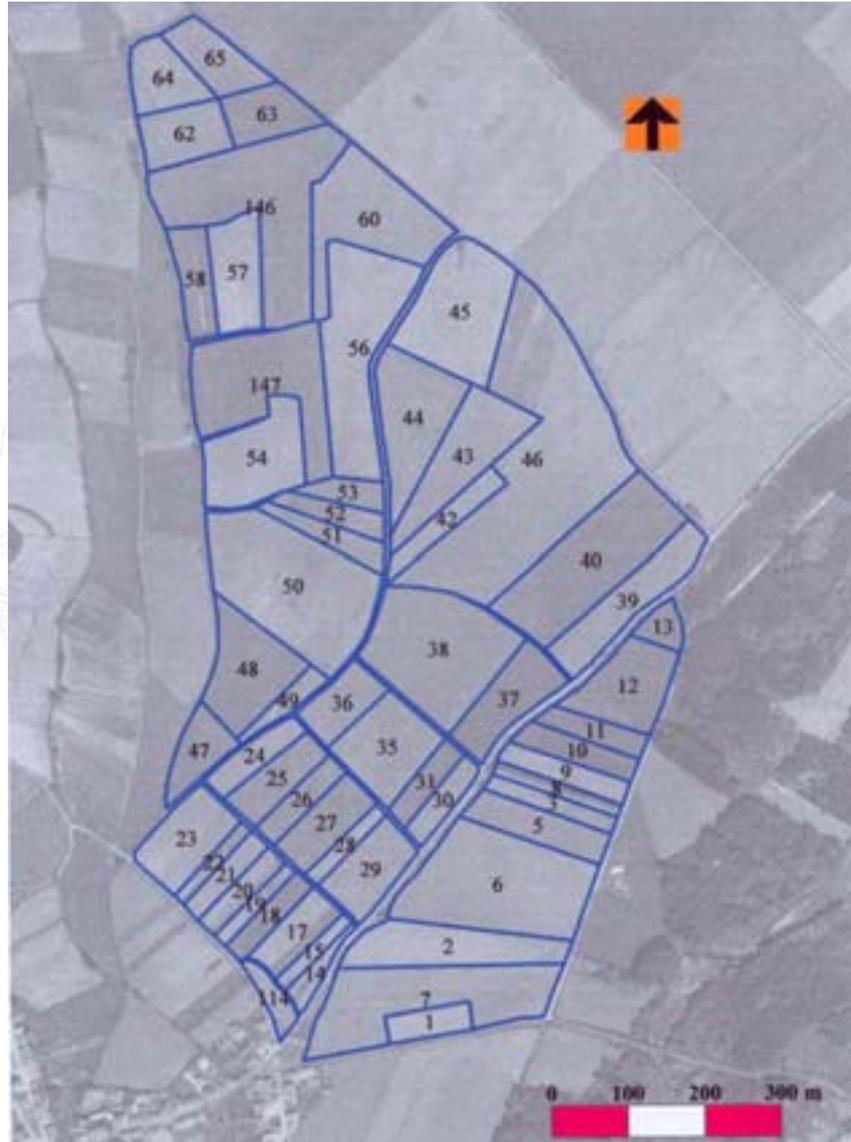
Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/20

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
3	1	4188	298
3	2	14090	665
3	3	4123	398
3	5	8314	466
3	6	28115	705
3	7	24100	898
3	8	3018	382
3	9	5469	406
3	10	5084	386
3	11	5148	364
3	12	11135	447
3	13	2770	220
3	14	2487	312
3	15	2451	291
3	17	6100	357
3	18	4141	331
3	19	2638	310
3	20	3460	325
3	21	4680	339
3	22	2056	298
3	23	10409	413
3	24	4924	350
3	25	7072	382
3	26	4496	341
3	27	7402	379
3	28	2683	299
3	29	8814	390
3	30	4088	316
3	31	3872	311
3	35	12196	444
3	36	6733	344
3	37	10332	467
3	38	24993	628
3	39	11843	601
3	40	24761	713
3	42	6611	460
3	43	13436	609
3	44	15113	612
3	45	20271	572
3	46	52539	1299
3	47	4978	335
3	48	13370	521
3	49	3220	339
3	50	31153	715
3	51	4721	414
3	52	4286	366
3	53	3693	308
3	54	14132	507
3	56	24272	834
3	57	9559	437
3	58	6309	389
3	60	19533	768
3	62	8355	375
3	63	7585	372
3	64	7009	348
3	65	7408	385
3	144	2831	279
3	146	31740	973
3	147	22258	821



APÉNDICE XVII

Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/50.



Escala 1:10.000

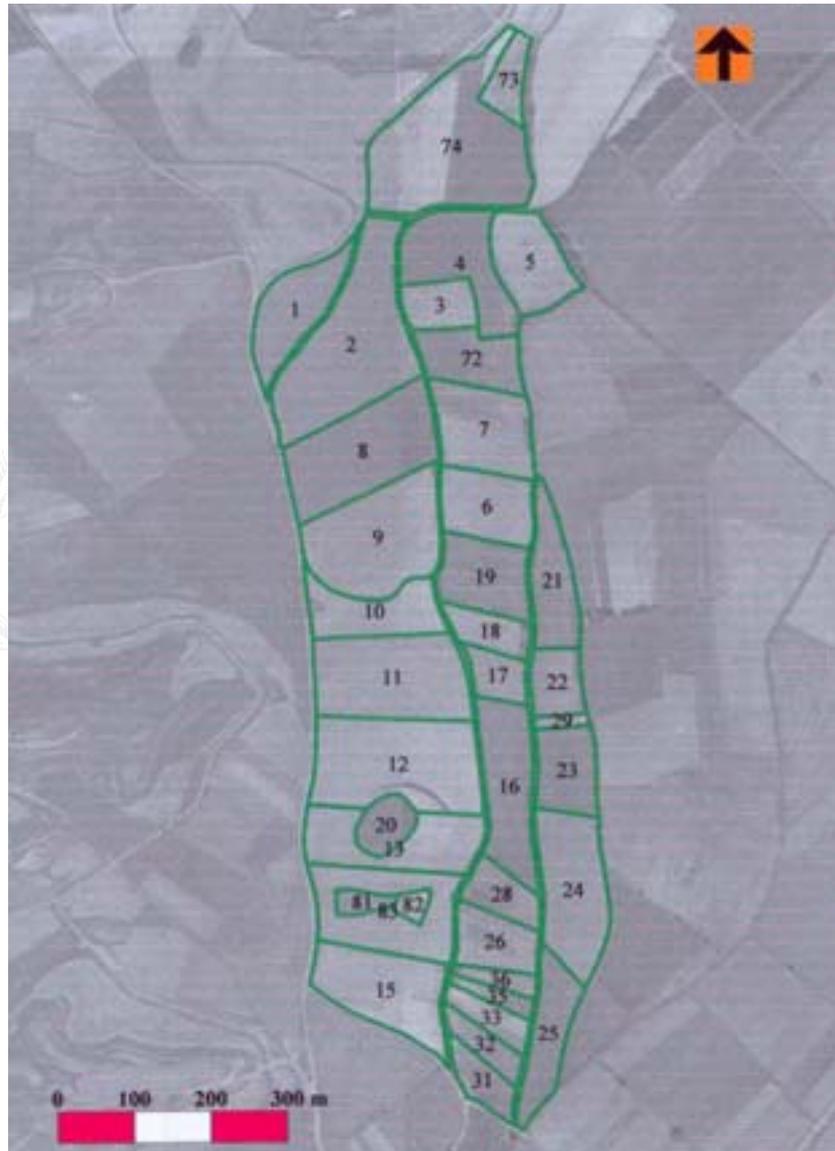
Digitalización Ortofotos JPEG 1 m/pixel, comprimidas 1/50

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
3	1	4197	298
3	2	13838	667
3	3	4031	397
3	5	8186	464
3	6	28831	713
3	7	23959	900
3	8	3095	382
3	9	5343	405
3	10	5415	390
3	11	4488	352
3	12	11465	455
3	13	2821	221
3	14	2507	313
3	15	2284	287
3	17	6133	355
3	18	4174	332
3	19	2526	307
3	20	4115	331
3	21	3954	328
3	22	2369	301
3	23	10190	411
3	24	5109	351
3	25	6802	376
3	26	4553	339
3	27	7574	382
3	28	2699	301
3	29	8880	395
3	30	4028	315
3	31	4086	314
3	35	12283	445
3	36	6476	339
3	37	10118	464
3	38	25343	629
3	39	12168	604
3	40	24394	710
3	42	5446	458
3	43	14442	628
3	44	15747	613
3	45	20038	570
3	46	53116	1296
3	47	6127	362
3	48	13596	519
3	49	3030	323
3	50	30733	708
3	51	4678	412
3	52	4309	364
3	53	3504	302
3	54	14247	506
3	56	24000	828
3	57	9812	440
3	58	6575	394
3	60	19573	764
3	62	8363	377
3	63	7459	366
3	64	7549	358
3	65	7523	389
3	114	2795	273
3	146	31618	977
3	147	22548	821



APÉNDICE XVIII

Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, visualización 1:2.000.



Escala 1:10.000

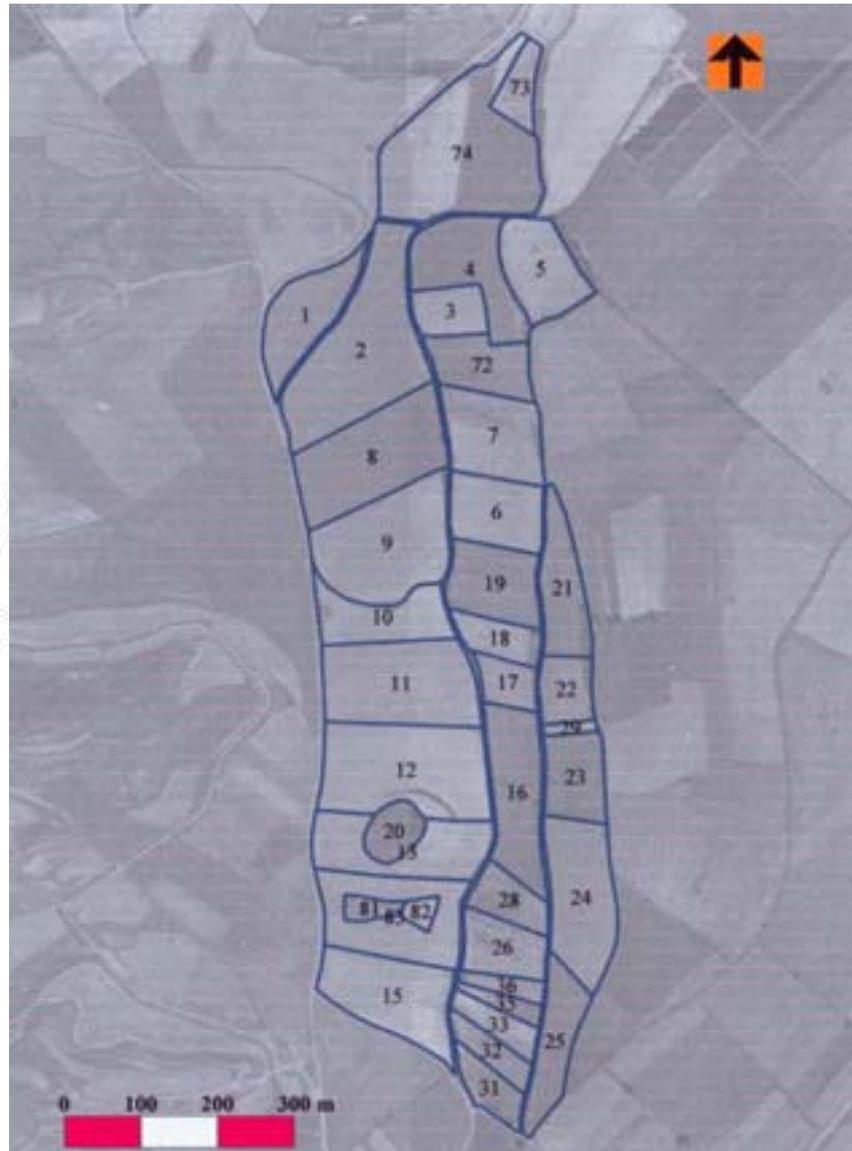
Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, visualización 1:2.000

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
2	1	11452	572
2	2	29654	833
2	3	5809	303
2	4	14447	602
2	5	11020	417
2	6	10729	416
2	7	13788	484
2	8	21747	633
2	9	22429	602
2	10	10941	576
2	11	21587	608
2	12	25503	699
2	13	14072	704
2	15	16353	591
2	16	14729	631
2	17	4545	297
2	18	5269	327
2	19	10859	431
2	20	4591	248
2	21	9965	529
2	22	5859	308
2	23	8761	386
2	24	16965	579
2	25	9695	549
2	26	7693	368
2	28	5762	326
2	29	1159	177
2	31	4702	330
2	32	4065	326
2	33	4294	320
2	35	2330	271
2	36	2539	268
2	72	9428	436
2	73	4518	324
2	74	31582	839
2	81	2067	211
2	82	1506	158
2	83	16827	938



APÉNDICE XIX

Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, visualización 1:1.000.



Escala 1:10.000

Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, visualización 1:1.000

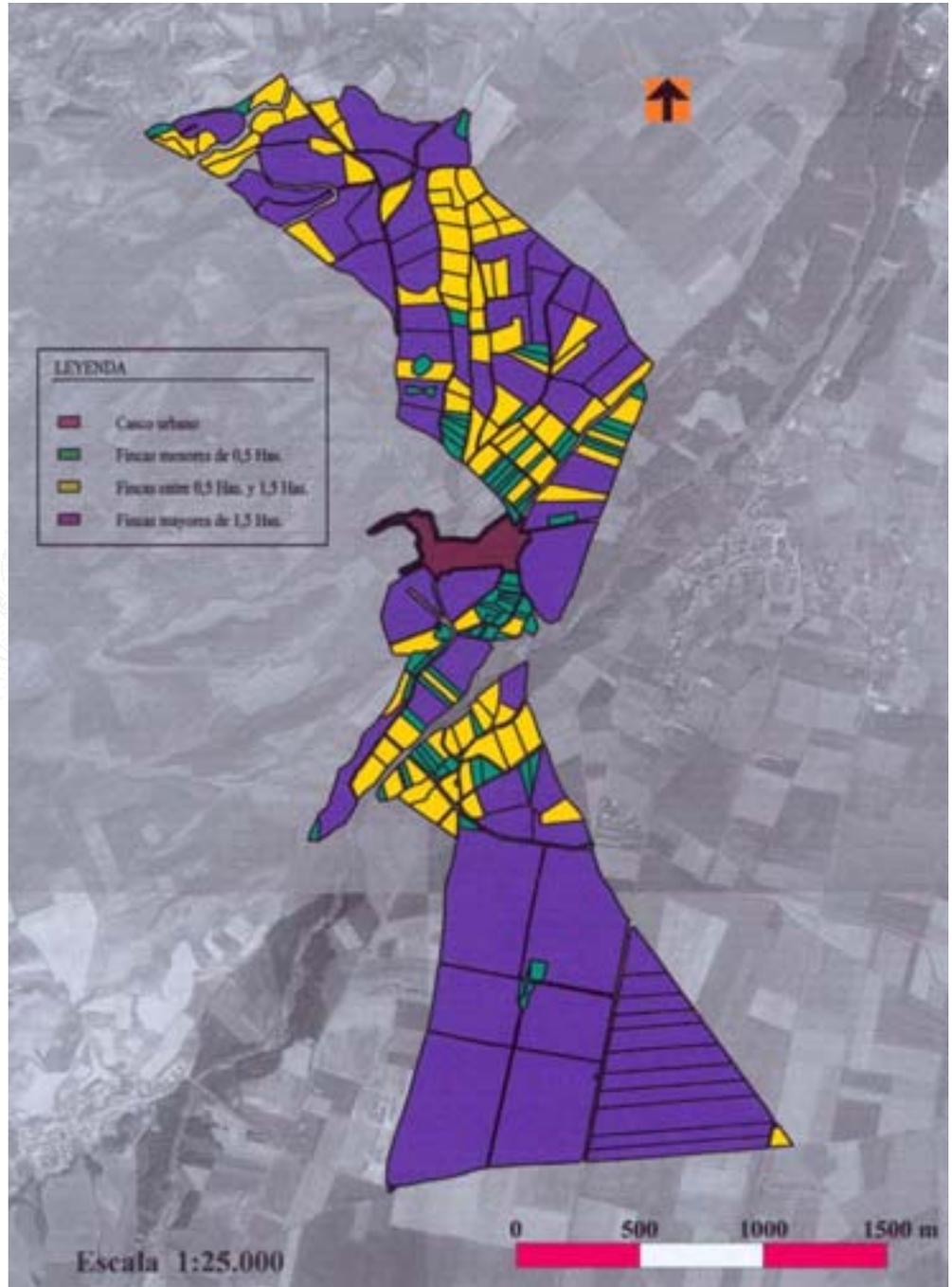
Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
2	1	11578	568
2	2	29651	837
2	3	5889	305
2	4	14277	614
2	5	11593	426
2	6	10846	420
2	7	13734	481
2	8	21680	633
2	9	22395	603
2	10	10869	581
2	11	21638	608
2	12	25514	695
2	13	14171	706
2	15	16525	591
2	16	15085	633
2	17	4524	295
2	18	5441	333
2	19	11179	433
2	20	4694	251
2	21	10367	538
2	22	5963	309
2	23	8888	387
2	24	17187	583
2	25	9793	551
2	26	7869	373
2	28	5835	329
2	29	1044	172
2	31	4797	334
2	32	4282	332
2	33	4392	327
2	35	2330	276
2	36	2673	274
2	72	9283	432
2	73	4408	318
2	74	31987	839
2	81	2062	208
2	82	1525	161
2	83	16534	937

Digitalización Ortofotos 1 m/pixel, visualización 1:500.

Poligono	Parcela	Superficie	Perimetro
2	1	11666	569
2	2	29793	842
2	3	5895	308
2	4	14245	609
2	5	11472	424
2	6	10854	421
2	7	13999	488
2	8	21599	632
2	9	22416	603
2	10	10992	579
2	11	21580	609
2	12	25437	695
2	13	13821	708
2	15	15999	579
2	16	14752	631
2	17	4723	301
2	18	5202	328
2	19	11206	435
2	20	4682	250
2	21	10475	533
2	22	5767	306
2	23	9014	387
2	24	17164	583
2	25	9988	556
2	26	7614	370
2	28	6070	332
2	29	1055	173
2	31	4871	335
2	32	4271	334
2	33	4412	328
2	35	2362	276
2	36	2605	273
2	72	9225	431
2	73	4554	314
2	74	31944	839
2	81	2090	207
2	82	1570	162
2	83	17345	946



APÉNDICE XXI
Clasificación de Fincas Digitalizadas, según su tamaño.



Fincas menores de 0,5 Has.

Poligono	Parcela	Sup dígít.	Peri dígít.	Sup Base Datos	Sup Plano	Sup Terreno	Peri Terreno
2	20	4674	252	4460	4601	4630	249
2	29	1018	174	860	853	887	165
2	31	4573	323	4515	4708	4743	334
2	32	4103	323	4090	4303	4166	333
2	33	4275	316	4642	4586	4585	330
2	35	2249	268	2370	2385	2334	276
2	36	2576	287	2445	2477	2620	274
2	73	4380	313	4660	4564	4369	306
2	81	2016	204	1790	1817	1945	198
2	82	1499	158	1380	1463	1583	163
3	1	4212	299	4192	4109	3931	290
3	8	3043	379	2140	2204	3490	386
3	11	4829	347	4270	4358	4088	346
3	13	2810	223	2850	2844	2733	216
3	18	4214	332	4560	4483	4255	333
3	21	4168	330	4360	4437	4149	331
3	22	2057	295	1960	1964	2103	297
3	30	3910	314	3860	3845	3969	313
3	31	4093	315	3920	4018	4160	316
3	49	3098	335	2560	2570	2806	344
3	144	2726	272	2720	2670	2770	273
5	35	4971	283	5044	4969	5728	323
5	39	256	64	143	169	183	54
5	40	282	84	405	406	319	87

Fincas entre 0,5 y 1,5 Has.

Poligono	Parcela	Sup dígít.	Peri dígít.	Sup Base Datos	Sup Plano	Sup Terreno	Peri Terreno
2	1	12045	579	12420	12880	11869	617
2	3	5834	309	5600	5833	5919	310
2	4	14518	613	14140	14340	14474	607
2	5	11612	425	11640	12058	11793	431
2	7	13656	479	13240	13888	13576	480
2	10	11032	564	10310	10616	10553	573
2	13	14296	707	16712	16583	16371	719
2	18	5467	334	5399	5547	5433	328
2	21	10576	535	10440	10139	9654	528
2	22	5813	309	5220	5319	5744	306
2	23	9391	393	8800	8929	8476	382
2	25	10198	557	8980	9047	9376	553
2	72	9720	440	9098	9624	9483	435
3	2	14821	665	15373	14909	14921	672
3	12	10639	439	12190	12236	11521	627
3	17	6098	354	5480	5548	6161	360
3	23	10230	408	10298	10279	10252	412
3	24	5106	355	5000	6082	4936	358
3	29	8572	396	8680	8668	9158	402
3	35	11811	436	12100	12180	12150	443
3	36	6732	345	6480	6597	6513	342
3	37	10030	463	9980	9953	10392	472
3	39	11293	596	10150	10088	11989	602
3	42	6119	466	6268	6510	6810	470
3	43	13608	612	11960	12146	12878	1102
3	47	5543	348	5810	5732	5628	352
3	48	13638	528	12980	12944	12676	504
3	51	5049	425	4140	4024	4344	413
3	54	14226	508	13760	13860	14139	505
3	57	9580	440	10250	10030	9772	754
3	58	6421	392	6880	7015	6759	707
3	62	8108	374	7340	7431	7984	371
3	63	7723	372	7990	8317	7883	374
3	64	8579	377	7000	7040	7958	363
3	65	7584	391	9590	9480	7632	391

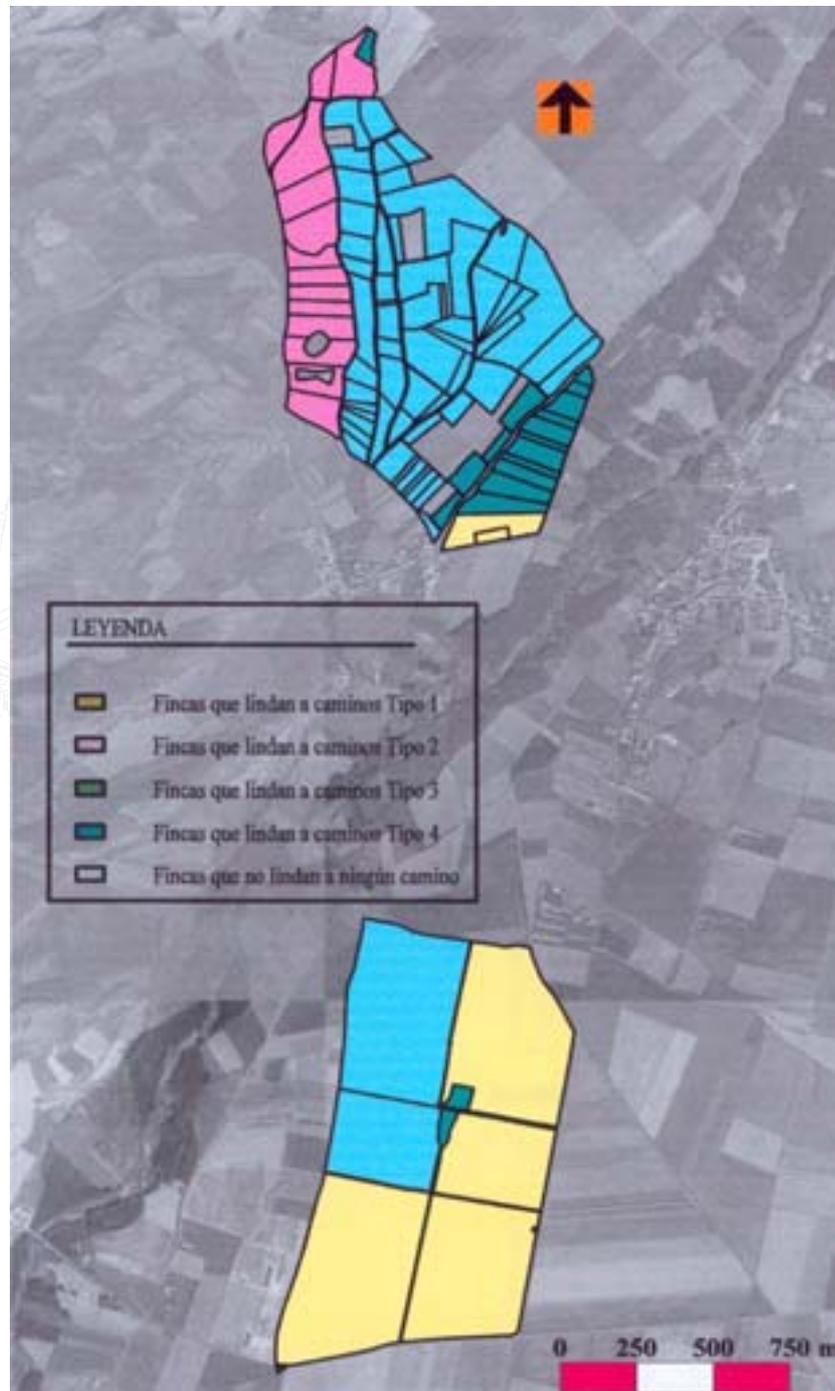
Fincas mayores de 1,5 Has.

Poligono	Parcela	Sup dígít.	Peri dígít.	Sup Base Datos	Sup Plano	Sup Terreno	Peri Terreno
2	2	30111	837	31030	31488	30276	844
2	8	21658	630	20785	20442	21362	623
2	9	22334	600	23230	22150	22754	606
2	11	21643	610	20355	20154	21763	1018
2	12	25573	899	26037	25322	26056	1134
2	15	16500	591	15700	15713	17146	590
2	24	17028	579	17320	17509	17056	753
2	74	31718	836	32210	33237	31905	1180
2	83	16892	937	15656	15772	14076	892
3	6	28794	714	29653	29300	28250	1643
3	7	23615	898	22073	24173	23349	891
3	38	24968	625	24960	25108	25091	1281
3	40	24949	715	23880	23969	22958	703
3	44	15876	617	16780	16941	16445	633
3	45	20342	577	20970	21097	20444	790
3	46	53284	1301	54333	54003	54523	1297
3	50	31292	719	30440	30593	31079	1015
3	56	24210	834	25900	25765	24872	838
3	147	22696	823	22380	22256	22092	1084
5	1	186623	1937	169150	168031	189014	1929
5	2	95562	1245	97600	96170	95668	1238
5	3	167194	1682	169900	168276	166692	1683
5	4	221191	1933	219800	216658	221032	1931
5	5	97094	1246	93712	93321	97562	1249
5	6	193411	1816	215624	210526	196214	1827



APÉNDICE XXII

Clasificación de Fincas, según el tipo de camino al que lindan.



Escala 1:25.000

Fincas que lindan a caminos de tipo 1

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
3	56	23349	891
3	57	3931	290
5	5	221032	1931
5	6	319	87
5	7	166692	1683
5	8	95668	1238
5	9	189014	1929
5	16	183	54

Fincas que lindan a caminos de tipo 2

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
2	2	17146	580
2	6	16371	719
2	8	15759	613
2	9	10297	521
2	10	10802	517
2	11	10961	501
2	12	10553	573
2	13	22754	606
2	14	21362	623
2	15	30276	844
2	16	11869	617
2	17	9618	447
2	18	22288	733
2	48	14076	692

Fincas que lindan a camino de tipo 3

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
2	18	22288	733
2	20	4369	306
3	31	11989	602
3	35	10392	472
3	39	3989	313
3	45	9158	402
3	54	4826	341
3	55	2770	273
3	56	23349	891
3	58	14921	672
3	59	14177	588
3	60	9472	511
3	61	4601	444
3	62	12435	507
3	63	3490	386
3	64	9903	450
3	65	4088	346
3	66	8458	392
3	67	3063	235
3	68	2733	216
5	1	196214	1827
5	5	221032	1931
5	7	166692	1683
5	8	95668	1238
5	9	189014	1929
5	10	4948	332
5	11	97562	1249
5	13	5728	323

Fincas que no lindan a ningún tipo de camino

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
2	4	1945	198
2	5	1583	163
2	7	4630	249
2	24	5919	310
3	9	2021	267
3	14	2206	335
3	15	5089	374
3	16	4683	381
3	19	7883	374
3	33	3794	373
3	34	2352	359
3	37	12150	443
3	38	4160	316
3	41	4183	349
3	42	7934	395
3	44	10185	422
3	52	6161	360

Fincas que lindan a caminos de tipo 4

Polígono	Parcela	Superficie	Perímetro
2	2	17146	580
2	22	11793	431
2	23	14474	607
2	25	9483	435
2	26	13576	480
2	27	13101	458
2	28	8883	387
2	29	5433	328
2	30	18619	781
2	31	7345	357
2	32	6490	348
2	33	2620	274
2	34	2334	276
2	35	4585	330
2	37	4166	333
2	38	4743	334
2	39	9376	553
2	40	12207	465
2	41	4849	288
2	42	8476	382
2	43	887	165
2	44	5744	306
2	46	9654	526
3	1	5528	352
3	2	12676	504
3	3	2806	344
3	4	25591	653
3	5	5488	362
3	6	4344	413
3	7	8164	416
3	8	14139	505
3	10	20071	817
3	12	24872	838
3	13	4553	372
3	17	51105	1234
3	18	7984	371
3	20	7858	383
3	21	7632	391
3	22	616	123
3	23	19827	667
3	26	16445	633
3	26	6297	538
3	27	6581	564
3	28	6810	470
3	29	54523	1297
3	30	22958	703
3	31	11989	602
3	32	18945	550
3	36	6513	342
3	40	4936	358
3	46	10252	412
3	47	2103	297
3	48	4149	331
3	49	2196	304
3	60	4236	334
3	51	4255	333
3	55	2770	273
5	1	196214	1827
5	5	221032	1931
5	7	166692	1683
5	8	95668	1238
5	9	189014	1929
5	11	97562	1249

RESUMEN

En los actuales procesos de revisión catastral rústica, tiene cada vez más importancia la calidad geométrica y radiométrica de las Ortofotografías Digitales utilizadas. La digitalización en pantalla de las entidades geográficas está condicionada por multitud de factores (resolución de la ortofoto, precisión en la georreferenciación, densidad radiométrica, zoom de visualización, ...), que en definitiva, generan cierta imprecisión. La combinación de dichos factores produce errores no sólo en el correcto posicionamiento de las parcelas rústicas, sino también, y muy especialmente, en el valor de su superficie catastral.

La superficie catastral de las parcelas de rústica procede de la digitalización en pantalla de sus perímetros y la comparación con la superficie agraria obtenida por levantamientos topográficos, evidencia unos errores superficiales que pueden alcanzar fácilmente el 10 %. Por otra parte, existen muchos municipios que sólo cuentan con cartografía en papel y suelen presentar una gran inconsistencia entre las superficies de la Base de Datos de Catastro y las derivadas del Plano Catastral.

Así pues, las cuatro variables principales estudiadas han sido: la superficie catastral derivada de la digitalización en pantalla sobre Ortofotografías Digitales, la superficie obtenida por digitalización del plano catastral en papel, la superficie de la Base de Datos de Catastro y la superficie agraria obtenida por levantamiento topográfico.

De la comparación entre todas estas variables, se deducen unos errores superficiales y, en esta Tesis, se estudian precisamente los parámetros que mejor definen los errores superficiales catastrales en rústica. Además del tradicional error superficial relativo, se propone el uso de otro parámetro denominado *Índice de Indeterminación del Lindero*, que distribuye el error superficial absoluto en la zona en que se produce dicho error, es decir, en su perímetro, siendo un parámetro que se muestra más independiente del tamaño de las parcelas. La correlación entre ambos parámetros es muy alta, sobre todo para valores de error inferiores al 5 %, debiendo, en todo caso, tener en cuenta las condiciones en que se ha desarrollado la parte experimental de esta investigación.

THE INTEGRATION OF DIGITAL ORTHOPHOTOGRAPHS IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND ITS APPLICATION TO THE REVISION OF THE RURAL CADASTRAL SURFACE.

SUMMARY

In the present processes of rural cadastre revision, is each time more importance the geometric and radiometric quality of the digital orthophotographs. The digitalization “heads up” of the geographic features is conditioned by multitude of factors (resolution of the ortofoto, precision in the georreferenciación, radiométric density, zoom of viewing ...), that in final, generate certain imprecisión. The combination of said factors produces errors not only in the correct posicionament of the rural plots, but also, and very especially, in the value of its cadastral surface.

The cadastral surface of the rural lands proceeds of the digitalization on screen of its perimeters and the comparison with the agrarian surface obtained by **topographical works**, evidence some superficial errors that can reach easily the 10%. On the other hand, there are many cities that only count on cartografía in paper and are used to presenting a big **inconsistencia** among the surfaces of the Base of Data of Cadastre and them derived from the Catastral Map.

Thus therefore, the four main variables studied have been: the cadastral surface derived from the digitalización on screen upon Digital Ortofotographs, the surface obtained by digitalización on the cadastral map in paper, the surface of the Base of Data of Cadastre and the agrarian surface obtained by **topographical works**.

Of the comparison among all these variables, some superficial errors are deduced and, in this Thesis, are studied precise the **parámetros** that better define the superficial cadastral errors in rural land. Besides the traditional relative superficial error [ESR], is proposed another **parámetro** called Index of Boundary's Indeterminación [IIL], that distributes the absolute superficial error in the zone in which said error is produced, that is to say, in its perimeter, being a parámetro that is shown more independent of the size of the plots. The correlation among both **parámetros** is very high, above all for lower values of error to the 5%, owing, in every case, to keep in mind the conditions in which has developed the experimental part of this investigation.