



# **UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CARTOGRÁFICA Y DEL TERRENO**

**TESIS DOCTORAL**

## **APLICACIÓN DE LOS FUNDAMENTOS DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA CORPORATIVOS**

**Manuel Gallego Priego**

2017



**UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ÁVILA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CARTOGRÁFICA Y DEL TERRENO

**AUTOR:**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Gallego', enclosed within a circular scribble.

Manuel Gallego Priego

**DIRECTOR:**

Ángel Luis Muñoz Nieto



## Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a las personas que me han ayudado durante este trabajo, y que me proporcionaron fuerzas para finalizarlo.

En primer lugar, agradezco a mi director de tesis, Ángel L. Muñoz, su dedicación, orientación, paciencia y comprensión. Ha sido un placer trabajar contigo.

A Paco y a Fernando, mis compañeros de aventuras profesionales, con ellos empecé este camino hace mucho tiempo, gracias por vuestro apoyo y aguante. Ahora os toca a vosotros.

A mi "hermano mayor" Juan Pablo, gracias por tus consejos, porque por tu "culpa" no lo dejé todo y elegí esta profesión, y porque sé que estás más contento que yo por alcanzar esta meta.

A mis hermanos Gema, Javi y Raquel, gracias por estar siempre ahí, porque este trabajo también es vuestro.

A mi madre y a mi padre, gracias por darlo todo por nosotros, por enseñarnos el valor del esfuerzo y a confiar en las personas. Siempre estaréis en nuestra memoria.

Y por supuesto, en un lugar preferente, a mi familia, Leire y Amparo, que sois lo más grande que tengo, gracias por vuestra ayuda, por vuestro tiempo sin mí y conmigo, por el aliento constante en los momentos duros, y por todo.

Muchas gracias a todos.



## Resumen

La producción y gestión de la información geográfica es una tarea compleja. Los gobiernos siempre han contado con información geográfica, pero no siempre se ha sabido gestionar de la manera más adecuada. La aparición de los sistemas de información geográfica (SIG) facilitó estos trabajos y permitió incorporar los datos geográficos a los procesos para gestionar recursos, planificar intervenciones y tomar decisiones en los diferentes departamentos de la administración. Más tarde surgieron iniciativas para gestionar la información almacenada en estos sistemas de una manera coordinada mediante la creación de los SIG corporativos. Con la incorporación de los avances tecnológicos en este campo, se empezaron a implantar las denominadas infraestructuras de datos espaciales (IDE) en los diferentes niveles de gobierno.

Estas herramientas proporcionan mecanismos para compartir la información geográfica de forma fácil y dinámica, permitiendo su utilización en la mayor parte de los procesos que realizan los ciudadanos y las empresas en su día a día. En muchas organizaciones, se ha optado por usar estas infraestructuras como el instrumento principal para la gestión corporativa de los datos geográficos. La utilización de los componentes que conforman estas infraestructuras ofrece considerables ventajas en el intercambio de información entre sistemas, pero al mismo tiempo surgen dudas en su comportamiento corporativo para asegurar el control y la integridad de los datos relativos al territorio.

Este trabajo parte de una revisión de un conjunto de sistemas que se utilizan para gestionar la información geográfica. Intentaremos incidir en los aspectos organizativos, en la relación entre las diferentes unidades que los componen y en las funcionalidades que ofrecen a sus usuarios. También nos vamos a parar a observar la evolución y la arquitectura de las infraestructuras de datos espaciales con el objetivo de comprender su operatividad y valorar el funcionamiento de sus componentes. Para cerrar el círculo y tocar todos los aspectos relacionados con la gestión de la información geográfica, haremos una revisión de los métodos utilizados para desarrollar especificaciones de datos, su influencia en la interoperabilidad y en el intercambio de datos entre sistemas. Con los conocimientos extraídos de este examen, pasaremos a proponer lo que consideramos un modelo de SIG corporativo con las mejores funcionalidades, adaptado a la tecnología utilizada en el desarrollo de IDEs, siguiendo los estándares internacionales y cumpliendo los criterios de interoperabilidad en todos los niveles recomendados.

Como finalidad última se propone un modelo de SIG corporativo diseñado para su implementación en una administración pública concreta, cuyas características ayudarán a complementar y favorecer la operatividad de la IDE, reduciendo los costes de gestión y facilitando la puesta en marcha de nuevos servicios.

## Abstract

The production and management of geographic information can be considered a complex and challenging task. Governments have always manipulated geographical information, but it has not always been managed in the most appropriate way. The appearance of geographic information systems (GIS) made this work easier and made it possible the inclusion of geographic data into the management resources processes, planning interventions and decision-making processes in the different departments of the administration. Later on, there emerged different initiatives to manage the information stored in these systems, in a coordinated way, thanks to the development of a corporate GIS. With the incorporation of technological advances in this field, the so-called spatial data infrastructures (SDIs) began to be implemented at different levels of the government.

These tools provide mechanisms for sharing geographic information in an easy and dynamic way, allowing this information to be used in most of the processes carried out by citizens and companies in their daily lives. Many organizations have chosen to use these infrastructures as the main instrument for implementing a corporate management of geographic data. The use of the components of these infrastructures offer considerable advantages when we talk about interchanging information between systems, but, at the same time, there are many doubts about their corporate behaviour to ensure control and integrity of these territorial data.

This work is based on a general overview of a set of systems used to manage geographic information. We will try to emphasise in their organisational aspects, in the relation between the different units which compose them and in the functionalities, they offer to their users. We will also analyse the evolution and architecture of spatial data infrastructures with the aim of understanding their operability and evaluating how their components work. To close the circle and have a complete vision of all aspects of geographic information management, we will review the methods used to develop data specifications, their influence on interoperability, and the interchange of data between systems. With the know-how extracted from this paper, we will propose what we consider as a corporate GIS model with the best functionalities, adapted to the technology used in the development of IDEs, following the international standards and meeting the criteria of interoperability at all recommended levels.

The ultimate purpose of this work is to propose a corporate GIS model designed to be implemented in a public administration which must show certain features useful to complement and favour the IDE operability. In this way, management costs are reduced and the launching of new services gets less complicated.

# Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Hipótesis y objetivos de la investigación.....	3
1.3	Metodología.....	4
1.4	Estructura del documento.....	5
1.5	Consideraciones sobre el estado del arte.....	6
<b>2</b>	<b>La información geográfica en un entorno corporativo</b> .....	<b>9</b>
2.1	Introducción.....	9
2.1.1	Proceso de modelado.....	10
2.1.2	Tipos de objetos geográficos.....	11
2.1.3	Problemática.....	14
2.2	Necesidades de información geográfica en la sociedad.....	14
2.3	Gestión de la información geográfica.....	15
2.4	Instrumentos para la gestión de la información geográfica.....	16
2.4.1	Sistemas de información.....	17
2.4.2	Sistemas de información geográfica.....	17
2.4.3	Infraestructura de datos espaciales.....	19
2.4.4	Spatial Data Clearinghouses.....	22
2.5	Sistemas de información corporativos.....	23
2.6	SIG corporativos.....	25
2.7	SIG en la administración pública.....	26
2.8	Compartir la información geográfica.....	28
2.8.1	Reutilización de la información del sector público.....	29
2.8.2	Políticas de acceso a la información geográfica.....	30
2.9	El marco legal de la información geográfica.....	31
2.9.1	Directiva INSPIRE.....	31
2.9.2	LISIGE y SCN.....	32
2.10	Estándares sobre información geográfica.....	33
2.10.1	Open Geospatial Consortium (OGC).....	34
2.10.2	International Organization for Standardization Technical Committee 211.....	35
2.11	Interoperabilidad.....	36
2.11.1	Marco Europeo de Interoperabilidad (EIF).....	37
2.11.2	Esquema Nacional de Interoperabilidad (ENI).....	39
2.11.3	Modelo de interoperabilidad para la información geográfica.....	40
2.12	Conclusiones.....	41
<b>3</b>	<b>Análisis del funcionamiento de diferentes SIG corporativos</b> .....	<b>45</b>
3.1	Referentes metodológicos.....	46
3.2	Selección de indicadores.....	48
3.3	Elección de casos de estudio.....	49
3.3.1	Criterios de selección aplicados.....	49

3.3.2	Sistemas seleccionados .....	50
3.4	Valoración de los SIGs corporativos en funcionamiento.....	52
3.4.1	Valonia (Bélgica).....	52
3.4.2	Renania del Norte - Westphalia (Alemania).....	56
3.4.3	Bretaña (Francia) .....	61
3.4.4	Victoria (Australia).....	65
3.4.5	Nueva Zelanda .....	70
3.4.6	Alberta (Canadá).....	74
3.4.7	Navarra .....	78
3.4.8	Andalucía.....	82
3.5	Análisis comparativo. ....	86
3.5.1	Características socioeconómicas y administrativas .....	86
3.5.2	Valores asignados a los indicadores .....	87
3.5.3	Resumen de los resultados.....	92
3.6	Aspectos destacables de los sistemas estudiados .....	93
3.7	Conclusiones.....	94
<b>4</b>	<b>Elementos tecnológicos y organizativos en las IDEs.....</b>	<b>97</b>
4.1	Arquitectura del sistema y marco de referencia.....	97
4.2	Arquitectura tecnológica en las IDEs.....	100
4.2.1	Trabajos previos sobre modelos de arquitectura para una IDE.....	100
4.2.2	Modelo de Referencia para el Procesamiento Abierto y Distribuido (RM-ODP).....	102
4.2.3	Evolución del marco de referencia de las IDEs.....	103
4.3	Referentes internacionales de arquitecturas de IDE en las normas y estándares. ....	106
4.3.1	ISO 19119, estándar en servicios de información geográfica .....	107
4.3.2	Open Geospatial Consortium (OGC) .....	107
4.3.3	INSPIRE .....	110
4.3.4	Foundation Spatial Data / ANZLIC .....	112
4.3.5	National Spatial Data Infrastructure (NSDI) .....	114
4.3.6	Global Spatial Data Infrastructure (GSDI).....	117
4.4	Componentes de una infraestructura de datos espaciales.....	118
4.4.1	Clasificación de los componentes.....	118
4.4.2	Componentes relacionados con la información.....	121
4.4.3	Componentes tecnológicos .....	122
4.4.4	Componentes organizativos .....	125
4.4.5	Componentes sociales .....	126
4.5	Conclusiones.....	128
4.5.1	Sobre la elección de modelo de referencia en una IDE.....	128
4.5.2	Sobre la importancia de los aspectos organizativos frente al aspecto tecnológico.....	129
4.5.3	Sobre la aplicación de los marcos de referencia y arquitecturas tecnológicas en los SIG corporativos .....	130
<b>5</b>	<b>Especificaciones de datos para un SIG corporativo .....</b>	<b>131</b>
5.1	La modelización en los datos geográficos.....	132
5.1.1	Términos y conceptos utilizados para modelizar.....	133
5.1.2	Normas para la definición e intercambio de datos geográficos.....	135

5.1.3	Contenido de las especificaciones de producto de datos.....	137
5.2	Intercambio de información entre sistemas.....	139
5.3	Características de los datos geográficos en un SIG corporativo .....	140
5.4	Incompatibilidad e inconsistencia de los datos espaciales .....	142
5.5	Interoperabilidad en los datos.....	143
5.5.1	Transformación y armonización de datos.....	143
5.5.2	Elementos de interoperabilidad definidos en INSPIRE.....	145
5.6	Evolución de la definición de especificaciones para el uso compartido de datos .....	147
5.7	Metodología para crear especificaciones de datos armonizadas.....	150
5.8	Definición de conjuntos de datos fundamentales.....	151
5.9	El papel de los metadatos .....	156
5.10	Análisis coste-beneficio de la elaboración de especificaciones de producto .....	157
5.11	Conclusiones.....	158
<b>6</b>	<b>Propuesta de modelo de SIG corporativo .....</b>	<b>161</b>
6.1	Consideraciones previas al diseño .....	162
6.1.1	Visión global.....	163
6.1.2	Nivel de gobierno sub-nacional.....	164
6.1.3	Influencia del marco legislativo.....	165
6.1.4	Influencia de INSPIRE.....	166
6.1.5	Principios de funcionamiento .....	167
6.1.6	Usuarios y proveedores de datos .....	168
6.1.7	Situación de partida.....	171
6.1.8	Modelo de referencia.....	171
6.1.9	Flujo de la información en el sistema .....	172
6.2	Análisis de requerimientos del SIG corporativo .....	175
6.2.1	Requerimientos de los usuarios .....	176
6.2.2	Requerimientos corporativos .....	176
6.2.3	Requerimientos de interoperabilidad .....	177
6.3	Propuesta de diseño de SIG corporativo .....	178
6.3.1	Perspectiva organizativa.....	179
6.3.2	Aspectos relativos a la información .....	187
6.3.3	Configuración informática del sistema .....	198
6.3.4	Infraestructura del sistema.....	208
6.3.5	Punto de vista tecnológico.....	212
6.4	Resumen del diseño propuesto.....	212
6.4.1	Modelo organizativo.....	213
6.4.2	Modelo relativo a la información.....	213
6.4.3	Modelo tecnológico .....	214
6.4.4	Modelo social.....	215
6.5	Consideraciones finales.....	215
<b>7</b>	<b>Caso de estudio: aplicación del modelo al SIG corporativo de la Xunta de Galicia .....</b>	<b>217</b>
7.1	Análisis de la solución Plataforma SIX Corporativa .....	218
7.1.1	Creación y evolución del SIG corporativo.....	218
7.1.2	Modelo organizativo.....	219

7.1.3	Modelo relativo a la información.....	221
7.1.4	Modelo tecnológico .....	222
7.1.5	Modelo social.....	223
7.1.6	Resumen de los componentes del sistema implantado.....	224
7.2	Aplicación del modelo diseñado.....	225
7.2.1	Propuesta para el modelo organizativo .....	226
7.2.2	Propuesta al modelo relativo a la información.....	227
7.2.3	Propuesta al modelo tecnológico.....	228
7.2.4	Modelo social.....	229
7.3	Estudio de la implementación del nuevo modelo.....	230
7.4	Conclusiones del capítulo .....	233
<b>8</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>235</b>
8.1	Conclusiones generales.....	235
8.2	Comprobación de las hipótesis.....	239
8.3	Cumplimiento de los objetivos y aportes a la investigación.....	243
8.4	Futuras líneas de investigación.....	245
8.4.1	Líneas derivadas del trabajo actual .....	245
8.4.2	Nuevas líneas de trabajo .....	245
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>247</b>
	<b>Apéndice I: Definiciones .....</b>	<b>257</b>
	<b>Apéndice II: Taxonomía de servicios de la norma ISO 19119.....</b>	<b>259</b>
	Servicios geográficos de interacción humana .....	259
	Servicios geográficos de gestión de modelo/información .....	261
	Servicios geográficos de gestión de flujos de trabajo/tareas.....	262
	Servicios geográficos de procesamiento (espacial).....	262
	Servicios geográficos de procesamiento (temático).....	265
	Servicios geográficos de procesamiento (temporal) .....	266
	Servicios geográficos de procesamiento (metadatos).....	267
	Servicios geográficos de comunicaciones.....	267

## Índice de tablas

Tabla 2-1 Compendio de definiciones de infraestructuras de datos espaciales. Basada en el trabajo de Chan, Feeney, Rajabifard, & Williamson, (2001) y completada con otra bibliografía (Clinton, 1994; Coleman & McLaughlin, 1998; Nebert, 2004; Parlamento Europeo, 2007) .....	21
Tabla 3-1 Visión general de las fortalezas y debilidades de los informes SoP de INSPIRE (Janssen & Vandenbroucke, 2006) .....	47
Tabla 3-2 Indicadores utilizados en la evaluación de los sistemas de información. ....	49
Tabla 3-3 Datos socioeconómicos más significativos de cada región. ....	86
Tabla 3-4 Resultado de la valoración de cada indicados en cada una de las regiones .....	87
Tabla 5-1 Comparativa de los temas que componen los conjuntos de datos fundamentales de cada uno de los proyectos estudiados en este apartado (elaboración propia) .....	155
Tabla 6-1 Roles que pueden tomar los usuarios en su trabajo con el SIG corporativo (elaboración propia).....	169
Tabla 6-2 Listado de conjuntos de datos fundamentales elaborado en el apartado 5.8.....	190
Tabla 7-1 Datos socioeconómicos más significativos las regiones estudiadas en el capítulo 3 en comparación con Galicia. ....	217
Tabla 7-2 Resumen del estado de implantación, operatividad y grado de interoperabilidad del SIX corporativo.....	225
Tabla 7-3 Valores usados para evaluar el coste de ejecución de las acciones propuesta. ....	225
Tabla 7-4 Resumen de las acciones propuestas para cada uno de los componentes del modelo organizativo.....	227
Tabla 7-5 Resumen de las acciones propuestas para cada uno de los componentes del modelo relativo a la información.....	228
Tabla 7-6 Resumen de las acciones propuestas para cada uno de los componentes del modelo tecnológico.....	229
Tabla 7-7 Resumen de las acciones propuestas para cada uno de los componentes del modelo social. ....	230
Tabla 7-8 Diferencias entre el diseño de un sistema ex novo y el rediseño de uno existente (De Vries et al., 2011).....	231

## Índice de figuras

Figura 1-1 Relaciones jerárquicas entre los instrumentos de gestión de datos geográficos (Adaptado de Rajabifard et al., 2002b).....	2
Figura 1-2 Situación de SIG corporativo en los niveles de IDE (elaboración propia).....	3
Figura 1-3 Estructura del documento.....	5
Figura 2-1 Desde el dato al mapa (Van Loenen, 2006).....	10
Figura 2-2 Clases de geometría definidas en la norma ISO 19107 según el perfil mínimo de la ISO 19137 (ISO/TC 211, 2010).....	12
Figura 2-3 Elementos de un sistema de información para una solución de negocios. Adaptado de Laudon & Laudon, (2004).....	23
Figura 3-1 Mapa con la situación de las regiones elegidas para su estudio y valoración.....	51
Figura 3-2 Situación de la región de Valonia en el contexto de su país.....	52
Figura 3-3 Página de consulta de datos del Géoportail de la Wallonie ( <a href="http://geoportail.wallonie.be/catalogue-cartes">http://geoportail.wallonie.be/catalogue-cartes</a> ).....	53
Figura 3-4 Visor de información geográfica WallOnMap ( <a href="http://geoportail.wallonie.be/walonmap">http://geoportail.wallonie.be/walonmap</a> ).....	55
Figura 3-5. Localización de Renania del Norte-Westfalia en el contexto de su país.....	56
Figura 3-6 Aplicación de visualización de capas de información y metadatos ( <a href="https://www.geoportal.nrw/">https://www.geoportal.nrw/</a> ).....	59
Figura 3-7 Aspecto de la portada del geoportal de <a href="https://www.geoportal.nrw.de/">https://www.geoportal.nrw.de/</a> .....	60
Figura 3-8. Localización de la región de Bretaña en el contexto de su país.....	61
Figura 3-9 Geoportal de GeoBretagne ( <a href="http://cms.geobretagne.fr/">http://cms.geobretagne.fr/</a> ).....	63
Figura 3-10 Aplicación para la consulta de datos hidrográficos en Bretaña <a href="http://geobretagne.fr/">http://geobretagne.fr/</a> .....	64
Figura 3-11 Situación del estado de Victoria en el contexto de su país.....	65
Figura 3-12 Estructura del marco de trabajo para la gestión de la información geográfica definido en la Estrategia de Información Geográfica del Estado de Victoria (Victorian Spatial Council, 2008).....	67
Figura 3-13 Aplicación principal de visualización de datos VicMap ( <a href="http://vicmap.victoria.ca">http://vicmap.victoria.ca</a> ).....	68
Figura 3-14 Situación de Nueva Zelanda en el contexto de Oceanía.....	70
Figura 3-15 Gráficos extraídos de la Estrategia Geoespacial de Nueva Zelanda (Land Information New Zealand 2007).....	71
Figura 3-16 LINZ DATA SERVICE que ofrece la consulta y acceso a los datos ( <a href="https://data.linz.govt.nz/">https://data.linz.govt.nz/</a> ).....	73
Figura 3-17 Situación del estado de Alberta en el contexto de su país.....	74
Figura 3-18 Catálogo de metadatos del geoportal GeoDiscover Alberta ( <a href="https://geodiscover.alberta.ca/geoportal/catalog/search/search.page">https://geodiscover.alberta.ca/geoportal/catalog/search/search.page</a> ).....	76
Figura 3-19 Aplicación de visualización del geoportal GeoDiscover Alberta ( <a href="http://geodiscover.alberta.ca/Viewer">http://geodiscover.alberta.ca/Viewer</a> ).....	77
Figura 3-20 Situación de Navarra en el contexto de su país.....	78
Figura 3-21 Esquema de actuación del SITNA (Gobierno de Navarra, 2011).....	78
Figura 3-22 Aplicación de visualización principal del IDENA ( <a href="https://idena.navarra.es/">https://idena.navarra.es/</a> ).....	81
Figura 3-23 Situación de Andalucía en el contexto de su país.....	82
Figura 3-24 Geoportal de la IDE de Andalucía ( <a href="http://www.ideandalucia.es/">http://www.ideandalucia.es/</a> ).....	83
Figura 3-25 Página web del Repositorio de software de la Junta de Andalucía <a href="http://www.juntadeandalucia.es/repositorio/usuario/listado/fichacompleta.jsf?link=1&amp;idProyecto=679">http://www.juntadeandalucia.es/repositorio/usuario/listado/fichacompleta.jsf?link=1&amp;idProyecto=679</a> (enero 2017).....	85
Figura 3-26 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Organización y coordinación.....	88

Figura 3-27 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Coordinación intra-gubernamental.....	89
Figura 3-28 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Marco legal y financiación.....	89
Figura 3-29 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Datos.....	90
Figura 3-30 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Metadatos.....	91
Figura 3-31 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Arquitectura tecnológica.....	91
Figura 3-32 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Normas y estándares.....	92
Figura 3-33 Gráfico que refleja el número de indicadores de cada valor que han sido contabilizados en cada caso revisado.....	92
Figura 4-1 Esquema de los puntos de vista RM-ODP y su intervención principal en el desarrollo de un sistema de información. Adaptado de (Raymond, 1995).....	103
Figura 4-2 Características de los marcos de referencia de las tres generaciones de IDE adaptada desde varias fuentes bibliográficas (Borba et al., 2014; Budhathoki et al., 2008; Rajabifard et al., 2006).....	104
Figura 4-3 Capas de servicios según la arquitectura SOA adoptada por OGC (Whiteside, 2005).....	108
Figura 4-4 Esquema de la arquitectura técnica de INSPIRE adaptado del documento Network Services Architecture v3.0 (INSPIRE Drafting Team Network Services, 2008).....	110
Figura 4-5 Temas y conjuntos de datos definidos en el FSDF (ANZLIC, 2014).....	113
Figura 4-6 Puntos de vista y niveles de abstracción en el Modelo de Referencia de Interoperabilidad Espacial GIRM del FGDC (Evans, 2003).....	114
Figura 4-7 Componentes tecnológicos fundamentales en la arquitectura conceptual de la NSDI. Adaptado de (FGDC & CIO Council, 2009).....	115
Figura 4-8 Relaciones entre componentes de una IDE según (Rajabifard & Williamson, 2001a).....	120
Figura 4-9 Componentes definidos en la de Victorian Spatial Information Strategy. (Victorian Spatial Council, 2008).....	120
Figura 5-1 Modelización de un objeto real (adaptado a partir de la norma ISO19109).....	135
Figura 5-2 Esquema que muestra el intercambio de información entre dos sistemas según la norma ISO 19118 e interpretada por el documento Guidelines for the encoding of spatial data (INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 2014).....	139
Figura 6-1 Paso de una estructura departamental a otra corporativa (elaboración propia).....	162
Figura 6-2 Relación entre los marcos legislativo, tecnológicos e institucionales (Borba et al., 2014)...	166
Figura 6-3 Esquema de resume el flujo de información entre los diferentes tipos de usuarios y el SIG corporativo (elaboración propia).....	170
Figura 6-4 Patrones de flujos de información (Box et al., 2015).....	175
Figura 6-5 Requisitos de negocio del SIG corporativo (elaboración propia).....	177
Figura 6-6 Unidades que componen el SIG corporativo (elaboración propia).....	179
Figura 6-7 Esquema organizativo propuesto para el SIG corporativo (elaboración propia).....	181
Figura 6-8 Formas de gobierno propuestas para el SIG corporativo (elaboración propia).....	183
Figura 6-9 Representación gráfica de los “envoltorios” necesarios para compartir datos dentro de una organización (Information Sharing Environment, 2015).....	188
Figura 6-10 Responsabilidades sobre el mantenimiento de los diferentes tipos de información (elaboración propia).....	189
Figura 6-11 Ejemplo de geometrías compartidas entre objetos de diferentes temáticas.....	196
Figura 6-12 Encadenamiento transparente de servicios según la norma ISO 19119.....	203
Figura 6-13 Esquema de la arquitectura de servicios en tres capas (elaboración propia).....	206

Figura 6-14 Esquema de la arquitectura lógica multicapa propuesta por la norma ISO 19119 (ISO/TC 211, 2016b).....	210
Figura 6-15 Mapeado de una arquitectura lógica de cuatro capas a clientes pesados y ligeros (ISO/TC 211, 2016b).....	211
Figura 7-1 Esquema de funcionamiento de la Oficina Técnica SIG (OTSIX) según el documento interno sobre la Visión Global de la Plataforma SIX Corporativa. ....	221
Figura 7-2 Esquema de la arquitectura tecnológica de la Plataforma SIG Corporativa y de la IDEG. (Extraído del documento Visión Global de la Plataforma SIX Corporativa) .....	222
Figura 7-3 Página principal del SIG corporativo en la intranet de la Xunta de Galicia. (extraído del portal de la plataforma SIX corporativa).....	223
Figura 7-4 Imagen de la página de la intranet corporativa correspondiente a las solicitudes y documentación que puede necesitar cualquier usuario (extraído del portal de la Plataforma SIX corporativa)......	224

## Listado de acrónimos

<b>AE</b>	Arquitectura empresarial o corporativa.
<b>AENOR</b>	Asociación Española de Normalización y Certificación.
<b>ANZLIC</b>	Consejo de Información Espacial en Australia y Nueva Zelanda.
<b>BDM</b>	Base de Datos Municipales.
<b>C/S</b>	Cliente-Servidor.
<b>CDE</b>	Conjunto de datos espaciales.
<b>CEN</b>	Comité Europeo de Normalización.
<b>CGDI</b>	Infraestructura de Datos Geoespaciales de Canadá.
<b>CODIIGE</b>	Consejo Directivo de la Infraestructura de Información Geográfica de España.
<b>DS</b>	Especificaciones de datos de INSPIRE.
<b>DT</b>	Equipos de trabajo de INSPIRE.
<b>FGDC</b>	Comité Federal de Datos Geográficos (EEUU).
<b>FSDF</b>	Marco de Datos Geográficos Fundamentales en Australia.
<b>GDI-NRW</b>	Infraestructura de Datos Espaciales de Renania del Norte-Westfalia (Alemania).
<b>GIRA</b>	Arquitectura de Referencia de Interoperabilidad Geoespacial (EEUU).
<b>GIRM</b>	Modelo de Referencia de Interoperabilidad Geoespacial (EEUU).
<b>GSDI</b>	Infraestructura de Datos Espaciales Global.
<b>ICA</b>	Asociación Internacional de Cartografía
<b>IDE</b>	Infraestructura de Datos Espaciales.
<b>IDEE</b>	Infraestructura de Datos Espaciales de España.
<b>IDEG</b>	Infraestructura de Datos Espaciales de Galicia.
<b>IECA</b>	Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.
<b>IG</b>	Información Geográfica.
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional de España.
<b>INSPIRE</b>	Infraestructura de Información Espacial de Europa.
<b>ISO</b>	Organización Internacional de estandarización.
<b>ITU</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones.
<b>LISIGE</b>	Ley sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España.
<b>LMO</b>	Organizaciones con Mandato Legal en INSPIRE.
<b>MDA</b>	Arquitectura Orientada a Modelo.
<b>MDT</b>	Modelo Digital del Terreno.
<b>NATO</b>	Organización para el Tratado del Atlántico Norte.
<b>NZGMS</b>	Norma de metadatos geoespaciales de Nueva Zelanda.
<b>NZGOAL</b>	Modelo de licencia de uso de los datos geográficos en Nueva Zelanda.
<b>OGC</b>	Open Geospatial Consortium.
<b>ORM</b>	Modelo de Referencia del OGC.
<b>OWS</b>	Orientado a Servicios Web.
<b>QoS</b>	Calidad de un servicio.
<b>RAE</b>	Real Academia Española de la Lengua.
<b>RISP</b>	Reutilización de la Información del Sector Público.
<b>RM-ODP</b>	Modelo de Referencia para el Procesamiento Abierto y Distribuido
<b>SCN</b>	Sistema Cartográfico Nacional (España).
<b>SDIC</b>	Comunidad de Interés en Datos Espaciales de INSPIRE.
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica.
<b>SITGA</b>	Sistema de Información Territorial de Galicia.

<b>SOA</b>	Arquitectura orientada a servicios.
<b>SoP</b>	Informe INSPIRE sobre el estado de funcionamiento.
<b>TC211</b>	Comité Técnico 211 de ISO para información geográfica /geométrica.
<b>TIC</b>	Tecnologías de la información y comunicación.
<b>UML</b>	Lenguaje de Modelado Unificado.
<b>VSC</b>	Consejo geográfico del Estado de Victoria (Australia).
<b>VSIS</b>	Estrategia de información geográfica del Estado de Victoria (Australia).
<b>W3C</b>	Consortio World Wide Web.
<b>WMO</b>	Organización Mundial de Meteorología.
<b>WSA</b>	Arquitectura de Servicios Web.
<b>XML</b>	Lenguaje de Marcas Extensible.

# 1 Introducción

## 1.1 Antecedentes

La información geográfica está cada vez más presente en los procesos diarios que desarrollan tanto los ciudadanos, como las empresas y, por supuesto, las administraciones públicas. En general, le corresponde a estas últimas la tarea de recopilar, producir y difundir este tipo de datos. Por otro lado, detentan la obligación legal de mantener y dar carácter oficial a determinados conjuntos de datos imprescindibles para el desarrollo de la sociedad. Para gestionar estos datos y hacer que lleguen a los potenciales usuarios, los gobiernos precisan dotarse de sistemas de información geográfica (SIG) que materialicen dicha tarea.

La implantación de estos sistemas en los diferentes departamentos de una administración pública requiere de soluciones que permitan compartir e intercambiar datos geográficos, ya que éstos son costosos, tanto en su producción como en su actualización. Cada departamento o unidad de gobierno detenta unas competencias delimitadas y gestiona determinado tipo de información sobre el territorio. Los mismos datos pueden ser utilizados para diferentes propósitos dependiendo del departamento que los gestione. Para evitar los problemas de intercambio y reutilización de datos, se implantan en un primer momento los SIG corporativos. Nos referimos a sistemas compuesto a su vez por otros sistemas o módulos departamentales y con un SIG central o de infraestructura, que facilita toda la gestión corporativa de la información del territorio (Chan, 1998).

La entrada en escena de las Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) en los años 90, propició la desaparición del concepto de SIG corporativo de la literatura especializada. Estos nuevos sistemas se idearon para gestionar y hacer llegar la información geográfica a muchos más usuarios, sobre todo los externos a la organización. El término infraestructura de datos espaciales es utilizado para referirse a la colección de tecnologías relevantes, políticas y estructuras institucionales que facilitan la disponibilidad y acceso a la información espacial. La IDE provee una base para el descubrimiento de datos espaciales, su evaluación y su aplicación para los usuarios y suministradores, en cualquier nivel: gubernamental, sector comercial, sector no lucrativo, área académica y ciudadanos en general (Nebert, 2004).

Entre las múltiples definiciones de IDE que encontramos en la literatura y en los distintos marcos normativos aprobados para su regulación, no hallamos ningún componente o funcionalidad que indique sus capacidades para producir información. Algunos autores (Chan

& Williamson, 1999; Rajabifard, Feeney, & Williamson, 2002b; Van Loenen, 2006) identifican esta capacidad productiva en los SIG corporativos, como la base de la pirámide jerárquica de la infraestructura general que soporta el intercambio de información geográfica (figura 1.1).



Figura 1-1 Relaciones jerárquicas entre los instrumentos de gestión de datos geográficos (Adaptado de Rajabifard et al., 2002b)

Las infraestructuras operan en capas jerárquicas. La capa más alta de esa pirámide se aplica a la comunidad global, y la más baja únicamente a las administraciones locales. Aparte de esto, existen IDEs a diferentes niveles jurisdiccionales según los niveles de gobierno con los que cuenta un país. Cada nivel tiene sus propias características dentro la infraestructura a la que pertenece, dependiendo de las competencias que tenga asignadas y precise desarrollar. En función de estas características, el modelo de la IDE está basado en productos o en procesos. En el caso de España, por ejemplo, el nivel más alto lo ocupa INSPIRE como IDE europea, ya que la iniciativa a nivel global GSDI no funciona como una IDE operativa. Después aparece el nivel nacional con la IDEE, que junto a INSPIRE, desarrolla los aspectos estratégicos de la infraestructura general. Más abajo se encuentran las IDE regionales o de comunidades autónomas con características operacionales y de gestión. Y por último el nivel local soportado por los municipios y diputaciones. En una situación ideal de producción de información geográfica a todos los niveles, los niveles inferiores proporcionan datos a los superiores, y estos ejercen coordinación hacia abajo para integrar datos y servicios al mismo tiempo que generan otro tipo de información.

Sin embargo, si hacemos caso a la pirámide de la figura 1-1, parece que el SIG corporativo sólo pudiera estar bajo el nivel de IDE local. Eso significaría que no habría producción de información en los niveles superiores. Pero sabemos que no es así. Las diferentes competencias que tienen los gobiernos conllevan a que la elaboración de datos se realice en los diferentes niveles de administración y, por tanto, la localización del SIG corporativo no está sólo a ese nivel, sino que se situaría bajo la IDE de cada nivel con características operacionales, siempre que el organismo en cuestión produzca información geográfica para ejercer sus competencias. En los países con fuertes estructuras de gobierno sub-nacional<sup>1</sup> o regional, donde las administraciones públicas a este nivel tienen asignadas las competencias sobre el territorio

<sup>1</sup> La consideración del concepto regional/subnacional: es diferente según en qué países. En Europa, la región es una parte de un país. Sin embargo, en otros países del mundo, cuando hablan de Región, se refieren a una agrupación de países en una determinada parte del mundo. Es habitual encontrar en autores de EEUU o Australia utilizar el término sub-nacional para hacer referencia a nuestro término región.

(medio ambiente, ordenación del territorio, agricultura, infraestructuras, propiedad de la tierra, etc.), la existencia de sistemas de gestión de información geográfica es imprescindible. Este nivel de gobierno y la administración local, si existe, son los encargados de producir, mantener y difundir la mayor parte de los datos geográficos. Según esta idea, la pirámide de la figura 1-1, debería redibujarse como aparece en la figura 1-2.



Figura 1-2 Situación de SIG corporativo en los niveles de IDE (elaboración propia).

En esta parte vamos a centrar la investigación. Existen muchos trabajos sobre el desarrollo e implementación de IDEs, sobre los mecanismos de intercambio de información, sobre las formas de evaluar su funcionamiento, etc. Sin embargo, nos encontramos con un número muy escaso de análisis relacionados con las funciones de los SIG corporativos y su papel actual en el suministro de información hacia niveles superiores para que sea accesible para todos los usuarios. Queremos demostrar que los avances tecnológicos y los esfuerzos realizados en el desarrollo de las IDEs, desempeñan un papel fundamental y definitivo en el cambio del enfoque tradicional del SIG corporativo y sus funciones en la gestión de la información geográfica.

## 1.2 Hipótesis y objetivos de la investigación

Esta investigación se centra en el desarrollo del **modelo de un sistema de información corporativo utilizando los fundamentos que se manejan a la hora de construir infraestructuras de datos espaciales**. Por lo general, este tipo de sistemas son implantados en administraciones públicas y deben atender a las necesidades de gestión, producción, análisis y distribución de grandes volúmenes de datos geográficos, repartidos en diferentes sistemas departamentales. Las aplicaciones de estos sistemas deben proporcionar soluciones eficaces para la toma de decisiones en diferentes ámbitos de la gestión de un gobierno sobre su territorio. Nos centraremos en el nivel de gobierno regional (sub-nacional), donde los sistemas usados para manejar los datos geográficos disponen de características operativas para producir información y de requisitos de gestión para distribuirlos. Además, tienen que cumplir con las regulaciones en materia de disponibilidad de la información, interoperabilidad de sistemas y acceso a los datos.

El principal aporte de esta investigación es aumentar el conocimiento sobre la gestión de la información geográfica en una administración pública regional que maneja grandes volúmenes de datos espaciales, y evidenciar como los sistemas de información geográfica corporativos son

complementarios a las infraestructuras de datos espaciales. Para alcanzar ese objetivo general, se va a trabajar los siguientes objetivos específicos:

1. Describir y clasificar los componentes utilizados en el desarrollo de las infraestructuras de datos espaciales.
2. Aumentar el conocimiento sobre la elaboración de modelos de datos y su influencia en el intercambio de datos entre sistemas de información, y en especial en un entorno corporativo.
3. Diseñar un modelo de SIG corporativo a partir de los fundamentos empleados para la construcción de IDEs

Además, esta tesis quiere examinar tres hipótesis de trabajo respecto al funcionamiento de un SIG como herramienta corporativa para la gestión de la información geográfica en relación con una infraestructura de datos espaciales, más bien utilizada para difundir y dar accesibilidad a los datos espaciales desde usuarios externos a la organización. El enunciado inicial de estas hipótesis es el siguiente:

1. Las funcionalidades y componentes de un SIG corporativo no pueden ser sustituidos o reemplazados en su totalidad por la puesta en marcha de una IDE.
2. Para un mejor funcionamiento de una IDE es necesario que exista un SIG corporativo que se comporte como un instrumento para organizar y gestionar internamente la información geográfica de una institución.
3. Los fundamentos usados para implantar un SIG corporativo tienen que seguir las pautas marcadas por la tecnología y los estándares para la construcción de infraestructuras de datos espaciales, de manera que el funcionamiento de ambos sea lo más eficiente posible.

### 1.3 Metodología

El método utilizado para realizar esta investigación se basa fundamentalmente en el estudio de los fundamentos para la elaboración de herramientas de gestión de información geográfica y el análisis de experiencias de sistemas implantados con éxito a nivel mundial, con el fin de obtener un modelo de sistema para la gestión de la información geográfica corporativa en un entorno de gobierno. En estas organizaciones, este tipo de información adquiere una importancia vital en la gestión de procedimientos y en la toma de decisiones.

Vamos a comenzar revisando las características propias de la información geográfica y los instrumentos utilizados para su manejo en grandes entornos. Estudiamos los SIG corporativos y las infraestructuras de datos espaciales como soluciones para resolver este problema. Estos dos conceptos se utilizan indistintamente por muchas de las organizaciones donde funcionan, sin delimitar las ventajas e inconvenientes que aporta cada uno de ellos en el funcionamiento eficaz de la organización.

En la investigación se elige la vía de la complementariedad, es decir, los dos instrumentos son necesarios para la gestión de los datos geográficos en una organización que maneja grandes volúmenes de información y, además, sus funcionalidades son complementarias. Para valorar el funcionamiento de estos instrumentos, se realiza un análisis cualitativo de ocho sistemas

implantados con éxito en sus organizaciones. Los resultados de este análisis se contrastan con la tecnología actual que, bajo los estándares y normas, facilitan la identificación de los componentes esenciales para la construcción de un modelo de SIG. Además, se revisa la manera de organizar los datos para que estos sistemas permitan un intercambio de información eliminando las posibles barreras.

El objetivo final es definir un modelo de SIG corporativo con los elementos necesarios para cumplir los requerimientos que precisa una administración pública sub-nacional para producir, mantener, analizar y distribuir la información geográfica de su territorio. Al final, se utiliza un caso de estudio para verificar cada uno de los componentes que conforman el modelo y estudiar su adaptación.

### 1.4 Estructura del documento

La tesis se estructura en cinco bloques, tal y como se representa en el siguiente esquema:

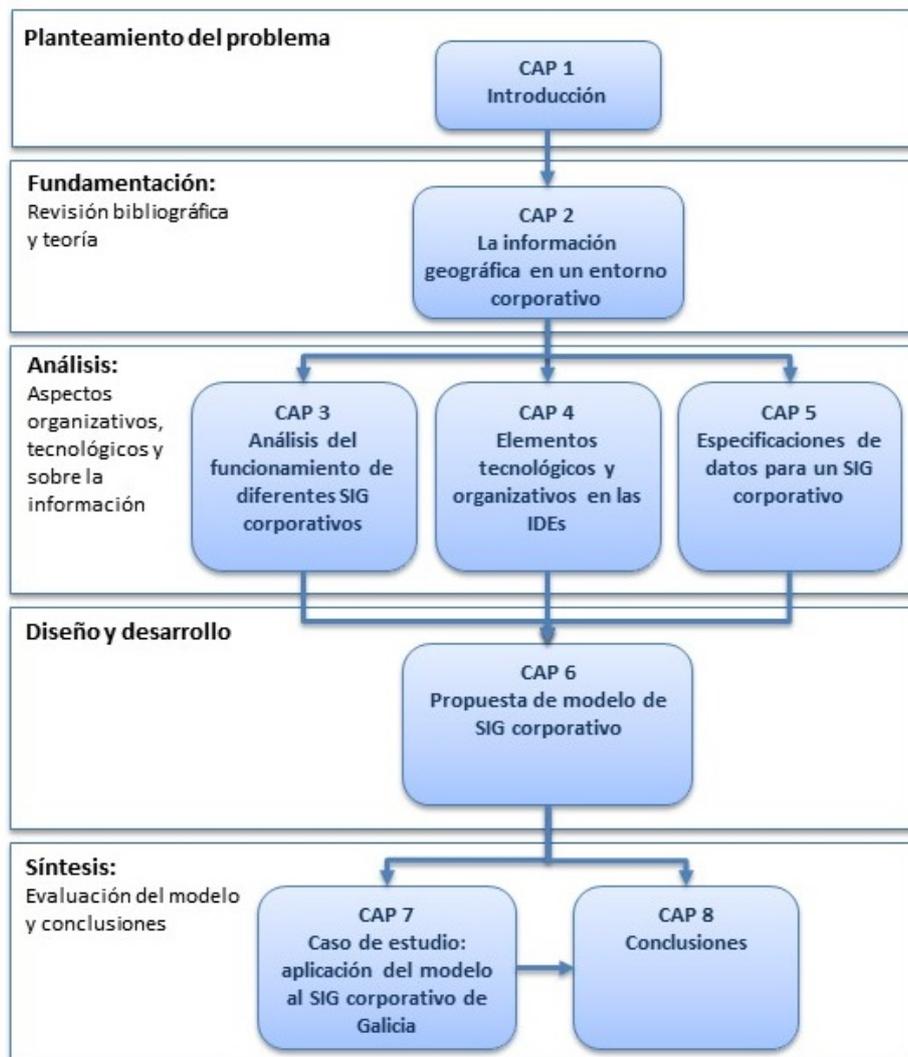


Figura 1-3 Estructura del documento.

La primera parte (capítulo 1) es la introducción y planteamiento del problema de la investigación, junto con las hipótesis y los objetivos del trabajo. La segunda parte (capítulo 2) contiene una revisión de las características de la información geográfica, los instrumentos para su gestión y los requerimientos para usarla en entornos corporativos. La tercera parte está formada por la valoración de ocho iniciativas significativas a nivel mundial de SIG corporativos (capítulo 3), el estudio de las arquitecturas y modelos de referencia de las infraestructuras de datos espaciales (capítulo 4) y del análisis de la metodología y normas para el tratamiento de los datos geográficos (capítulo 5).

La cuarta parte desarrolla el modelo de SIG corporativo (capítulo 6) objetivo de esta tesis, en base a las experiencias y conocimientos extraídos en los apartados anteriores. Y la última parte, como síntesis del trabajo contiene la evaluación de la aplicación del modelo sobre un sistema en funcionamiento (capítulo 7) y las conclusiones (capítulo 8).

## 1.5 Consideraciones sobre el estado del arte

El SIG corporativo como tal no se puede considerar un concepto nuevo ya que se empezó a utilizar antes incluso que el término IDE, pero en estos momentos nos encontramos con que está en desuso. En este trabajo nos centramos en las herramientas para la gestión de la información geográfica para una administración pública en un nivel de gobierno regional. En la literatura sobre este tema, todo lo relacionado con las infraestructuras de datos espaciales predomina sobre el resto. Sin embargo, como se comenta en el primer apartado de este capítulo, el concepto de SIG corporativo está vigente y pensamos que no puede ser sustituido por el de IDE. En el capítulo 2, examinamos el estado del arte sobre los instrumentos y herramientas para la organización de la información, en especial, los conceptos de SIG corporativo e IDE.

Para la realización de esta tesis, se empieza por una profunda revisión de la literatura alrededor del término SIG corporativo usando las dos versiones más comunes en inglés: *Corporate GIS* o *Enterprise GIS*. Es más usual la primera, sobre todo en la literatura de los investigadores australianos que, tras el exhaustivo examen de más de 200 referencias, son los que más aportan a la concepción de este tipo de sistemas. Ian Williamson, Abbas Rajabifard y Tai On Chan, entre otros, son los autores que mejor estudiaron esta tipología de SIG a finales de los 90. Señalar también lo difícil que es encontrar referencias relacionadas con grandes sistemas ya que únicamente aparecen artículos de pequeñas iniciativas, la mayoría enfocadas a la gestión de pequeños departamentos o entidades locales.

Otro de los posibles usos de estos sistemas lo encontramos en las grandes compañías, sobre todo en la gestión de infraestructuras de energía, telecomunicaciones, distribución de productos, etc. Pero para este tipo de aplicaciones la literatura existente es prácticamente nula. Sabemos de su existencia por los folletos informativos o la publicidad de las empresas de software para SIG. Imaginamos que no facilitan datos sobre la estrategia seguida en la construcción de estos sistemas para no dar pistas a los competidores.

Además de la literatura usual, en forma de libros, tesis doctorales, artículos en revistas especializadas y ponencias en congresos (60% de las referencias), hemos recurrido a documentos estratégicos de las diferentes iniciativas implantadas por los gobiernos, que para

este tipo de trabajo son muy útiles. Son textos generalmente muy bien documentados y que ofrecen una visión muy clara de la evolución de los aspectos organizativos y tecnológicos de estos sistemas. En el trabajo aparecen cerca de 25 documentos en forma de planes, marcos de trabajo o informes, siendo los más destacados los elaborados en Canadá, EEUU, Australia o Nueva Zelanda. En este sentido no se puede dejar de mencionar toda la documentación en forma de reglamentos, directrices técnicas, documentos de discusión y más tipos de informes que genera todo lo que rodea a la Directiva INSPIRE, pues facilita cualquier tarea en los diversos aspectos que necesita la construcción de un SIG corporativo o una IDE.

Los instrumentos legales (leyes, decretos, ordenes, reglamentos, etc.). las normas y las especificaciones completan la documentación necesaria (cerca de 40 textos) para la elaboración de este trabajo. Todo unido conforma una excelente base para la comprensión del funcionamiento de los SIG corporativos y las infraestructuras de datos espaciales.



# 2 La información geográfica en un entorno corporativo

La gestión de los datos geográficos presenta unas exigencias específicas relacionadas directamente con el componente espacial que los define y que, además, obliga a contar siempre con referencias de posicionamiento sobre la superficie terrestre. Estas características obligan a que las herramientas que se utilizan para su producción, explotación y difusión posean la capacidad necesaria para manejar las particularidades dichas coordenadas geográficas en sus proyecciones sobre un plano y, sobre todo, para conocer la situación de los elementos representados respecto a otros (topología). Los sistemas de información geográfica dieron solución a estos condicionantes mediante el almacenamiento de los elementos en bases de datos geográficos y las funcionalidades para consultar, analizar y visualizar este tipo de información.

Cuando nos encontramos con la situación de que una cantidad considerable de usuarios va a hacer uso de grandes volúmenes de información geográfica, surgen otras necesidades que requieren la implantación de herramientas más complejas. Una complejidad tanto tecnológica como, sobre todo, organizativa, lo que presenta una complicación todavía más difícil de solventar.

Este capítulo revisa los aspectos organizativos necesarios para gestionar la información geográfica en entidades que manejan grandes cantidades de este tipo de datos. Previamente, realizamos una revisión de las características y particularidades que presentan los datos espaciales junto con un examen minucioso de las herramientas disponibles para su gestión en este tipo de corporaciones.

## 2.1 Introducción

Los datos geográficos describen elementos del mundo real, en verdad, reproducen una visión simplificada del mismo, pues es imposible representarlo todo en detalle. Al capturar este tipo de datos, debemos que tener en cuenta que hay que almacenar tanto la parte descriptiva como su localización en la superficie terrestre, o en el espacio en el caso de que no esté apoyado en la superficie. Para Longley, Goodchild, Maguire, & Rhind (2005) este tipo de datos enlazan un lugar, un tiempo y unos atributos. Algunos de estos atributos son de naturaleza física o ambiental, mientras que otros pueden ser de índole social o económica, y conformando de esta manera el aspecto temático que cualifica ese dato.

Por tanto, podemos considerar que un dato geográfico va a estar definido, en un primer momento, por un componente geográfico o espacial, que va a determinar su localización en el espacio y la forma del objeto (geometría) que se representa. En segundo lugar, tenemos que

contar con el componente temporal, que puede almacenar diferentes momentos del ciclo de vida del dato (fecha de captura, edición, vigencia, caducidad, etc.). Y por último, el componente temático, relacionado directamente con características cuantitativas o cualitativas que identifican el elemento a describir. Para los aspectos espacial y temporal, es necesario definir un sistema de referencia que nos permita conocer y relacionar las magnitudes que se almacenan con el dato.

El componente espacial es el factor fundamental que nos va a ayudar a diferenciar el dato geográfico de un dato cualquiera capturado en un sistema convencional. Su importancia radica tanto en la esencia propia de los datos, como su potencialidad para establecer las relaciones espaciales entre ellos, y para poder representar adecuadamente la información mediante mapas siguiendo los conceptos del diseño cartográfico (Varela, 2013). Estas relaciones, denominadas topológicas, facilitan las operaciones y los análisis de datos geográficos, marcando la diferencia con respecto a los datos alfanuméricos. En el campo de la información geográfica, la “topología” es el término utilizado para describir las características geométricas de objetos que no cambian bajo transformaciones y son independientes de cualquier sistema de coordenadas (Burrough, 1986).

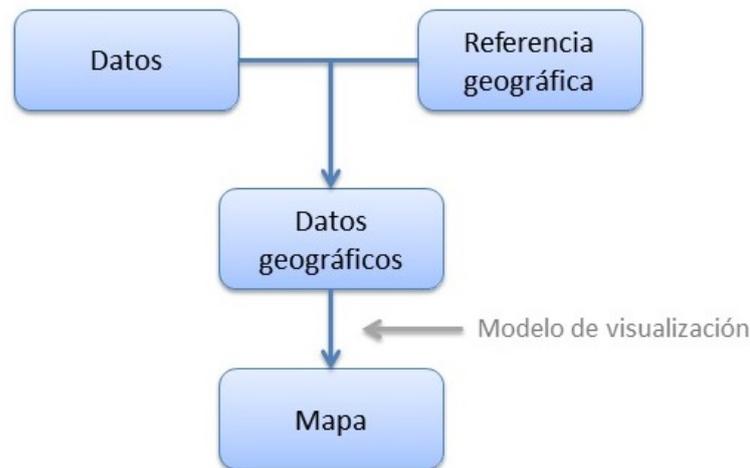


Figura 2-1 Desde el dato al mapa (Van Loenen, 2006)

Los datos, junto con su referencia geográfica, tomados en un momento determinado, conforman los datos geográficos, incomprensibles por sí mismos para las personas, pero cuando a estos datos se les aplican modelos o reglas de visualización se transforman en mapas, facilitando así su comprensión y utilización. Cuando se comparan o relacionan diferentes tipos de información sobre un lugar en particular, esto puede aumentar considerablemente la comprensión y, por lo tanto, el poder de tomar decisiones efectivas sobre un "lugar" particular (Geographic Information Panel, 2008).

### 2.1.1 Proceso de modelado

Con el fin de hacer comprensible el dato y poder estudiar su comportamiento, tenemos que definir una visión simplificada y adoptarla en forma de modelo (Ian, 2010). Necesitamos convertir la complejidad de la realidad en un esquema teórico que la sintetice y nos permita

utilizar herramientas para su gestión, análisis y modelización. Modelar geográficamente la realidad significa capturar los objetos del mundo real en una representación finita en tanto lo permita la forma en que lo vamos a guardar, ya sea en un papel en forma de mapa o en un archivo en forma de dato digital. Se puede hablar de tres pasos a realizar para obtener el dato geográfico (Bishr, 1997):

1. Conceptualización del mundo real: identificación de las propiedades fundamentales de los objetos geográficos presentes en el mundo real y de las relaciones espaciales entre ellos.
2. Categorización del objeto en el modelo elegido para representarlo.
3. Proceso de medida de los atributos del objeto geográfico y también de sus propiedades espaciales, para su almacenamiento.

El objeto geográfico (*Feature*<sup>2</sup>) es el punto de partida para el modelado de la información geográfica y se constituye en la unidad básica para la mayoría de los modelos. En la norma ISO 19110 (ISO/TC 211, 2016a) se define como “fenómeno del mundo real asociado con una localización relativa a la Tierra, respecto a los cuales se recolectan, mantienen y difunden datos”. Para describir estos elementos vamos a recurrir a la familia de normas ISO 19100 (ISO/TC 211, 2010).

## 2.1.2 Tipos de objetos geográficos

Tradicionalmente, los datos geográficos se han sido clasificando como datos vectoriales y datos ráster. Hasta no hace mucho, a la hora de elegir qué tecnología utilizar para implantar un sistema de información geográfica era necesario decidir previamente cómo íbamos a manejar dichos datos, teniendo que elegir entre vectoriales o ráster. En la actualidad esto ya no supone un problema, si bien se siguen utilizando estos mismos tipos de datos ya que los programas informáticos usados para la gestión de los datos geográficos los manejan indistintamente. Así y todo y dependiendo del tipo de operación que deseemos realizar, es conveniente convertir la información al tipo más idóneo, pues cada uno modeliza la realidad de una forma diferente.

### 2.1.2.1 Datos vectoriales

Este tipo de datos trata sobre fenómenos discretos, y cada uno de ellos se concibe como un objeto geográfico. Las características espaciales de un fenómeno discreto del mundo real se representan mediante un conjunto de una o más primitivas geométricas (puntos, curvas, superficies o sólidos), y los aspectos temáticos del elemento se registran como atributos del objeto.

Los datos vectoriales se forman a partir de primitivas geométricas (*GM\_Object*) y topológicas (*TP\_Object*) que se utilizan, ya sean de forma separada o conjunta, para construir objetos que expresen las características espaciales de los objetos geográficos. Además de estas características, cada objeto puede tener una serie de atributos para almacenar los aspectos temáticos y

---

<sup>2</sup> También traducido como Fenómeno o Entidad (Rodríguez Pascual, 2013).

temporales. Las primitivas geométricas ofrecen los medios para una descripción cuantitativa, mediante las coordenadas y funciones matemáticas de las características espaciales de los objetos, incluyendo dimensión, posición, tamaño, forma y orientación. Las funciones matemáticas que se usan para describir la geometría de un objeto dependen del tipo de sistema de referencia por coordenadas que se emplea para definir la posición espacial. La geometría es el único aspecto de la información geográfica que cambia cuando la información se transforma de un sistema de referencia geodésico o de un sistema de coordenadas a otro. La figura 2-2 muestra las clases de geometría que se especifican en la norma ISO 19107 (ISO/TC 211, 2010).

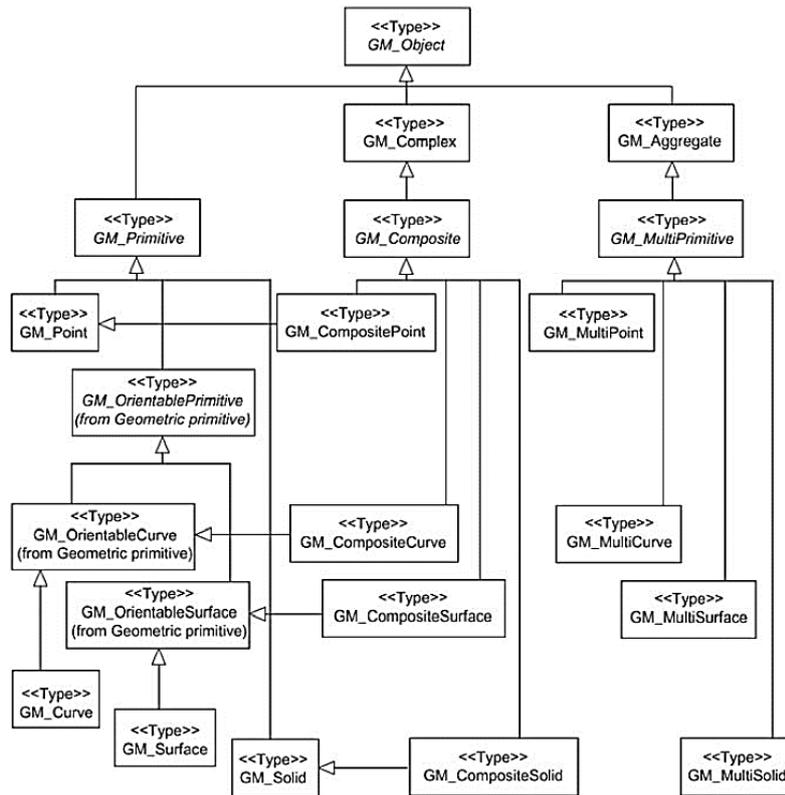


Figura 2-2 Clases de geometría definidas en la norma ISO 19107 según el perfil mínimo de la ISO 19137 (ISO/TC 211, 2010).

Las primitivas geométrica definidas según su dimensión son:

- Punto (*GM\_Point*): primitiva geométrica cero dimensional que representa una posición.
- Curva (*GM\_Curve*): primitiva geométrica unidimensional formada por una secuencia de posiciones, y que se compone de uno o más segmentos curvos (*GM\_CurveSegment*). Según el tipo de interpolación elegido entre los puntos de control, se generan diferentes tipos de segmentos curvos: arcos, clotoides, cónicas, geodésicas., etc.
- Superficie (*GM\_Surface*): primitiva geométrica bidimensional que se define, bien como un mosaico de superficies poligonales conectadas entre sí por las curvas que forman sus fronteras de manera que quede una superficie continua sin agujeros (superficie poliédrica), o bien mediante una malla rectangular de puntos (*GM\_GridSurface*) en el espacio, que se unen por filas y columnas utilizando funciones matemáticas (superficie paramétrica).
- Sólido (*GM\_Solid*): primitiva tridimensional.

Además de estos tipos de geometría, están definidos los tipos compuestos por varias de estas primitivas, tanto en forma de elementos contiguos y conectados (*GM\_Complex*), como en forma de colecciones de elementos agregados (*GM\_Aggregate*).

Por otro lado, junto a la geometría se define la topología que se ocupa de características de las figuras geométricas que permanecen invariables cuando los datos geográficos se transforman de un sistema de coordenadas a otro. Las primitivas topológicas que según su dimensión que están definidas por la norma ISO 19107 son:

- Nodos (*TP\_Node*): son los puntos donde se cortan dos o más curvas. Forman los extremos inicial y final de cada arco y es de dimensión cero.
- Arcos (*TP\_Edge*): son las denominadas curvas topológicas y están delimitadas por dos nodos que, a su vez, delimitan las caras. Es unidimensional.
- Caras (*TP\_Face*): son las regiones cerradas que se encuentran delimitadas por arcos. Es bidimensional.
- Sólidos (*TP\_Solid*): son los cuerpos definidos por nodos, arcos y caras. Es tridimensional.

El modelo vectorial no divide el espacio completamente, más bien lo define mediante una serie de elementos geométricos con valores asociados, siendo la disposición de éstos no sistemática, sino guardando relación con los objetos geográficos presentes en la zona de estudio (Olaya, 2014).

### 2.1.2.2 Datos ráster

Los datos ráster se refieren a fenómenos del mundo real que varían constantemente en el espacio. Se representan mediante un conjunto de valores, cada uno de ellos asociado con uno de los elementos en una disposición regular de puntos o celdas. Por lo regular se asocian con un método para asignar o interpolar valores en posiciones espaciales entre los puntos o dentro de las celdas. La norma ISO 19123 define este tipo de datos y usa el término “cobertura”, tomado de la Especificación Abstracta del OGC (Open Geospatial Consortium, 2008), para referirse a cualquier representación de datos que asigne valores directamente a una posición espacial.

Formalmente se define una cobertura como una función desde un dominio espacial, temporal o espacio-temporal hacia un rango de atributos. Se trata de un objeto que tiene múltiples valores para cada tipo de atributo, donde cada posición directa dentro de la representación geométrica del objeto tiene un valor individual para cada uno de estos atributos. Una cobertura también podría ser una función que representa una característica única o un conjunto de estas.

En determinados campos de la información geográfica se utiliza este tipo de datos, ya que se adaptan mucho mejor a las operaciones requeridas en su dominio de actuación (teledetección, meteorología, elevaciones y batimetría, suelos y vegetación). Lo más habitual es utilizar datos vectoriales para almacenar la información, aunque luego se tengan que convertir a ráster para realizar operaciones o mostrar resultados.

### 2.1.3 Problemática

A diferencia de los datos alfanuméricos convencionales, el dato geográfico es complejo tanto en su captura como en su gestión. Los problemas surgen principalmente a la hora de producir y usar cartografía tradicionalmente centrada en las necesidades específicas de cada cual, donde no era tan importante como ahora el disponer de modelos comunes de la realidad geográfica (Vilches-Blázquez, Gargantilla, Corcho, & Capdevila., 2009). A esta dificultad se le une la necesidad de representación gráfica para su comprensión. Si realizamos un cálculo para encontrar una dirección de un edificio y queremos conocer el recorrido que tenemos que hacer para llegar allí, no es lo mismo leer un listado de calles, que ver en un callejero una línea que resalte el trayecto a recorrer. Incluso aunque no necesitésemos esa representación gráfica, una base de datos con calles de una ciudad no sería capaz de ofrecer un resultado de este calibre sin la referencia geográfica asociada a cada elemento y la topología que le permitiera conocer la posición de una calle respecto a las demás. Otra dificultad añadida es su heterogeneidad, que se puede reflejar en los siguientes aspectos (Vilches-Blázquez, 2011):

- Forma de concebir el objeto geográfico. Depende del punto de vista y el contexto del productor de la información.
- Representación gráfica. Por lo general, cada organismo sigue una norma de simbología que en muchos casos puede hacer que, al unir elementos de distintas fuentes, se pierda la continuidad.
- Topología. Las relaciones topológicas establecidas por un productor pueden diferir de las de otros. En un modelo determinado se puede establecer la geometría entre una calle o carretera y una parcela sea compartida; y en otro más simple probablemente use cada elemento su geometría.
- Especialización del productor. Los objetos geográficos incluyen los atributos que necesita el dominio al que pertenece o donde se captura. Un mismo objeto puede ser almacenado de forma muy diferente en otro dominio. Por ejemplo, un edificio para dentro del dominio catastral está definido por los atributos que necesita la autoridad fiscal para la recaudación de impuestos. Ese mismo edificio, en el dominio urbanístico, es definido con unos atributos distintos que permiten la futura planificación urbana. Aunque algunas características vayan a ser las mismas, es obvio que cada dominio de actuación necesita sus propios atributos.

## 2.2 Necesidades de información geográfica en la sociedad

“La información geográfica es fundamental para promover el desarrollo económico, mejorar nuestra administración de los recursos naturales y proteger el medio ambiente. La tecnología moderna permite ahora una mejor adquisición, distribución y utilización de datos y mapas geográficos (o geoespaciales)”. Con estas palabras comienza el texto de la Orden Ejecutiva 12906 del presidente Clinton de Estados Unidos que, con la denominación de *Coordinating Geographic Data Acquisition and Access: The National Spatial Data Infrastructure* (Clinton, 1994), reconoce la importancia de la información geográfica para el desarrollo de la sociedad actual. Otros muchos gobiernos han coincidido en esta misma línea (ANZLIC, 2014; Département de

la Géomatique, 2014; GeoConnections, 2005; Geographic Information Panel, 2008; Land Information New Zealand, 2007) y han tomado medidas a tal efecto. En Europa se ha ido más allá con la aprobación de la Directiva INSPIRE (Parlamento Europeo, 2007) para regularizar la disponibilidad y el acceso a este tipo de información.

Muchos gobiernos, organizaciones y empresas invierten anualmente ingentes cantidades de dinero para producir e implementar la información geográfica. Es necesario disponer de información geográfica nueva o actualizar la ya existente para resolver diversas situaciones críticas, tomar decisiones y ofrecer a la ciudadanía nuevos y mejores servicios. Nebert (2004) determina varios aspectos en este problema:

- La mayor parte de las organizaciones necesitan más datos de lo que se pueden permitirse. Invierten grandes cantidades de dinero en datos geográficos básicos, dejando poco para datos de aplicaciones y desarrollo de su propio negocio. Algunas organizaciones no pueden permitirse recoger esta información de referencia.
- Las organizaciones a menudo necesitan datos fuera de su jurisdicción o áreas de operación. Esos datos son adquiridos a otras organizaciones y son, con bastante frecuencia, incompatibles.
- También nos encontramos con datos que cubren la misma área geográfica pero que utilizan referencias y modelos diferentes. Esto encarece todavía más el intercambio de datos.
- Muchas las organizaciones gastan recursos en información geográfica cuando ya están disponibles en otras entidades, duplicando los esfuerzos de recolección. La mayoría de ellas no pueden permitirse continuar funcionando de esta forma.

Es un hecho que la sociedad actual demanda información geográfica, pues gran parte de las actividades que se desarrollan en la actualidad precisan localización. Según Hart & Dolbear (2007), el 80% de toda la información existente muestra un componente geoespacial, lo que implica que una proporción significativa de las bases de datos contienen información directa o indirectamente referenciada con un punto en el territorio.

### 2.3 Gestión de la información geográfica

Tradicionalmente, la información geográfica en forma de cartografía en papel era elaborada y distribuida por los gobiernos, dando visos de monopolio. Este modelo duró varios siglos, y se mantuvo en vigor hasta hace relativamente poco. Era una necesidad a la que nunca se había hecho frente debido a los fuertes costes que acarrea, a la tecnología utilizada en esa cartografía tradicional y a lo que se alargaban los proyectos cartográficos, llegando a durar incluso décadas (Nebert, 2004). La información geográfica no era considerada un producto de consumo, por el contrario, las distintas naciones y niveles de gobierno en su ámbito de actuación la observaban como un producto estratégico.

En las últimas dos décadas, y relacionada directamente con los avances de las tecnologías de la información y comunicación, la demanda y el uso de la información geográfica se ha ido extendiendo y penetrado en la sociedad. Ya no son únicamente las administraciones las que

demandan y manejan datos espaciales; las empresas y los ciudadanos también han introducido este tipo de información que su día a día. Goodchild (2003) afirma que uno de los principios subyacentes de la economía de la información es que la información digital puede ser comercializada como una mercancía. De ahí que algunos gobiernos hayan establecido objetivos de riqueza económica, estabilidad social y protección del medio ambiente basándose en el desarrollo de productos y servicios basados en información espacial recopilada por todos los niveles de la sociedad, incluidos los mismos gobiernos, el sector privado y los ciudadanos (Rajabifard, Cromptoets, Kalantari, & Kok, 2010). Esos objetivos antes mencionados se pueden conseguir mediante el desarrollo de una administración y una **sociedad capacitadas geográficamente**<sup>3</sup> (Williamson, Wallace, & Rajabifard, 2006).

Por tanto, los gobiernos juegan un papel fundamental en el desarrollo del sector de la información geográfica: son tanto los grandes proveedores como los principales usuarios de este tipo de información, lo que explica el hecho de que, en muchos casos, sean las agencias gubernamentales las que lideren el desarrollo de tecnologías relacionadas con la información geográfica (Van Loenen, 2006). Además, el hecho de ser un recurso muy costoso facilita el que sean las administraciones las únicas que pueden afrontar este tipo de proyectos, empleando el 80% de sus recursos en recopilar y administrar la información y sólo el 20% en la consulta, análisis y obtención de productos para resolver problemas y generar beneficios (Geographic Information Panel, 2008). Existe un enorme desequilibrio provocado en muchos casos por el hecho de que la información no está preparada para ser reutilizada por diferentes motivos: no se sabe dónde está almacenada, se utiliza un formato propio o se desconoce la calidad de la misma.

## 2.4 Instrumentos para la gestión de la información geográfica

Los datos de índole geográfica comenzaron a gestionarse mediante sistemas de información mucho más tarde que el resto de la información, hablando en términos generales. La necesidad intrínseca de ser representados gráficamente les confiere una dificultad adicional que la tecnología informática no pudo solventar hasta hace unas cuatro décadas. Además de esta peculiaridad, este tipo de datos presenta una serie de características que las diferencia del resto de información convencional:

- Ocupan un mayor volumen al tener que almacenar las coordenadas del objeto geográfico motivo por el cual, adquieren especial relevancia los procedimientos eficientes de manipulación.
- La estructura de los datos es compleja. Necesidad de metadatos muy específicos.
- Número ilimitado de tipos posibles de análisis por parte de los usuarios.
- Técnicas de procesado más complejas y, por lo tanto, más caras.
- Técnicas de análisis y transformaciones que requieren representaciones especiales.
- Necesidad de opciones de visualización avanzadas.
- Estrecha relación con la componente tiempo.

---

<sup>3</sup> Traducian de Spatially Enabled Society

- Múltiples formatos.
- Necesidad de utilizar un sistema de referencia espacial y sistemas de coordenadas.
- Representación múltiple del mismo objeto espacial: sobre todo en los casos de generalización entre escalas.

La herramienta básica para la gestión de este tipo de datos es el Sistema de Información Geográfica (SIG). Aunque dependiendo del volumen de información, el número de usuarios o la cantidad de procesos a realizar, el SIG va adquiriendo otras denominaciones que pasamos a detallar a continuación.

### 2.4.1 Sistemas de información

Al igual que cualquier otro tipo de información que se maneje en la actualidad, la de carácter espacial también se tiene que gestionar utilizando las herramientas que nos proporcionan los avances en las tecnologías de la información y la comunicación. Si bien hay que señalar y hacer hincapié en el hecho de que la administración de estos datos presenta una serie de peculiaridades inherentes a su naturaleza, muy diferente de las simples bases de datos alfanuméricas, como se ha señalado en el apartado anterior. Sin embargo, conceptualmente hablando, las herramientas para la gestión de la información geográfica se basan en los mismos principios que en el tratamiento de la información cuando ésta procede de múltiples fuentes y es usada por diferentes usuarios. Estas herramientas denominadas Sistemas de Información, son el medio mediante el cual las personas y las organizaciones, utilizando tecnologías, recogen, procesan, almacenan, usan y difunden información (Smithson, 1997).

En relación con las tareas que pueden realizar, nos encontramos con dos tipos distintos de sistemas de información: sistema de procesamiento de transacciones y sistema de apoyo a la toma de decisiones (Maguire, Goodchild, & Rhinds, 1991). En los sistemas de procesamiento de transacciones, se incide en el registro y la manipulación de la ocurrencia de operaciones (transacciones bancarias, reserva de billetes, etc.). En los sistemas de apoyo a la toma de decisiones se hace hincapié en la manipulación, el análisis y, en particular, la modelización con el fin de apoyar a los responsables en la toma de decisiones, como los directores de empresas, los políticos y los funcionarios gubernamentales.

En general, el dominio de los sistemas de información precisa de un enfoque multidisciplinario para estudiar la gama de fenómenos socio-técnicos que determinan su desarrollo, uso y efectos en las organizaciones y la sociedad (Smithson, 1997).

### 2.4.2 Sistemas de información geográfica

El primer proyecto que podemos denominar un SIG fue el *Canadian Geographical Information System* (CGIS), ideado por Tomlinsom, que obtuvo financiación en 1966 para su puesta en marcha (Coppock & Rhind, 1991). Sin embargo, la verdadera expansión de esta tecnología para la gestión de los datos geográficos arrancó a finales de los años 80, cuando el desarrollo tecnológico ya permitía la representación gráfica en los ordenadores (Maguire et al., 1991). En estos primeros años de expansión, las soluciones tecnológicas eran muy heterogéneas, y solían

manejar separadamente el aspecto gráfico de los datos, de los datos alfanuméricos (Burrough, 1986). Las primeras aplicaciones de estos sistemas iban encaminadas a automatizar la elaboración de cartografía y a realizar operaciones estadísticas (Coppock & Rhind, 1991).

Maguire et al. (1991) hace una revisión de las diferentes visiones que se tenían de un SIG y las sintetiza desde tres puntos de vista: como mapa, como base de datos y como herramienta de análisis espacial. La primera idea se centra en los aspectos cartográficos del SIG, y se ve como un sistema de proceso y visualización de mapas. El segundo punto de vista hace hincapié en la importancia de un modelo de datos bien diseñado e implementado; es la visión de los profesionales procedentes del ámbito informático. Y finalmente, el tercer planteamiento enfatiza la importancia del análisis geográfico o espacial. Se observa el SIG más como una ciencia que como una tecnología. Para la comunidad SIG creada a partir de los años 90, que quería diferenciar el SIG de los otros tipos de sistemas de información, este tercer y último punto de vista era el más adecuado.

Así pues, el SIG se ha erigido como la tecnología informática imprescindible para capturar, editar, analizar y distribuir la información geográfica y así interpretar hechos relativos a la superficie terrestre. A nivel más básico se compone de una base de datos con capacidad para almacenar datos alfanuméricos junto a su localización espacial y unas herramientas que permiten realizar operaciones teniendo en cuenta las características de los datos geográficos. Desde un punto de vista más avanzado, el SIG no sólo engloba a la herramienta informática, sino que se considera también como parte del sistema a las personas, a la información y a los aspectos organizativos cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados (Olaya, 2014). La complejidad de la información geográfica a la que nos estamos refiriendo, precisa de algo más que un programa informático para aprovechar sus capacidades.

Las aplicaciones de los SIG han sido desarrolladas para aumentar la eficiencia y efectividad en muchos campos de actuación (Masser, 2007):

- Incrementar la eficacia y colaboración, destacando la gestión de la propiedad de la tierra, la planificación territorial, la gestión de instalaciones y los estudios para el desarrollo económico de un territorio.
- Modernizar los flujos de trabajo y proporcionar acceso a la información, gestionando las infraestructuras eléctricas, las redes de agua, los suministros de gas y telecomunicaciones
- Disminuir costes, ahorrar energía y mejorar del tráfico en las redes de transporte.
- Proporcionar ventajas geográficas a los servicios financieros, la distribución de mercancías, la implantación de comercios o los servicios inmobiliarios.
- Proporcionar visualización, entendimiento y evaluación de la calidad de las aguas, la contaminación, la degradación medioambiental, la desertificación o la gestión de zonas costeras.
- Crear de una sociedad segura, proporcionando utilidades para gestión de emergencias y la seguridad ciudadana.

- Crear de una nueva generación de usuarios que han incorporado la información geográfica en sus procesos.

Si bien un SIG tiene una inherente naturaleza integradora y ésta se puede enfocar desde diversos puntos de vista, el elemento tal vez más relevante en este sentido es la propia información que maneja y las características de ésta (Olaya, 2014). Integra información aparentemente dispar de manera rápida y visual, lo que facilita la comunicación, la colaboración y el proceso de toma de decisiones. La geografía se está volviendo una herramienta organizativa gracias al SIG (Tomlinson, 2007)

Hasta los años 90, las iniciativas e instalaciones de sistemas de información geográfica se podrían considerar como “islas de información”. Las dificultades en adquirir información, en conocer los datos existentes, en la complejidad de formatos y la incapacidad tecnológica para distribuirlos, hacían que estos sistemas funcionaran de manera aislada y poco eficiente. Estas barreras dificultaban la utilización efectiva de los datos geográficos y la explotación comercial de estos sistemas. Para desbloquear esta situación, los gobiernos debían (Masser, 2007):

- Asegurarse de que la cobertura de datos fuera completa, que se usaran las mismas definiciones y formatos de datos, y que la sincronización de las actualizaciones fuera consistente.
- Promover la interoperabilidad entre los diferentes sistemas y bases de datos.
- Reducir o eliminar las restricciones de acceso a los datos, conservando los derechos de propiedad.
- Diseminar información sobre qué datos hay disponibles y sobre las fuentes de datos existentes.

En las dos últimas décadas, el acceso y la utilización de la información espacial ha cambiado de manera radical con la aparición de una nueva concepción en la gestión de la información geográfica. El nuevo paradigma de compartir y reutilizar el dato geográfico ha supuesto una evolución conceptual y técnica en la geomática. Desde los sistemas de información geográfica se ha evolucionado a las infraestructuras de datos espaciales, buscando compartir los recursos fácilmente, la interoperabilidad y la libre sinergia entre los diversos sistemas implementados (Rodríguez Pascual, Abad, Alonso, & Sánchez Maganto, 2006).

### 2.4.3 Infraestructura de datos espaciales

La consideración de la información como infraestructura empezó modelarse a finales de los años ochenta y pasó al primer plano cuando la administración estadounidense aprobó el documento denominado *The National Information Infrastructure: Agenda For Action* (Executive Office of the President, 1993) con el que se pretendía desencadenar una revolución de la información que “cambiará para siempre la forma en que la gente vive, trabaja e interactúa entre sí”. En este documento se encomienda al sector privado la función de desarrollar y desplegar la infraestructura; reserva al gobierno el papel esencial de complementar y mejorar los esfuerzos del sector privado y asegura el crecimiento de una infraestructura de información disponible para todos los estadounidenses a un coste razonable. Aquí se iniciaba la “era de Internet”.

El término infraestructura de información o infraestructura global de información se viene utilizando habitualmente sin tener una explicación fehaciente sobre lo que realmente significa. Muchos piensan en una infraestructura atendiendo a sus características físicas, como nos encontramos en la definición en el diccionario de la RAE, en su segunda acepción: “Conjunto de elementos, dotaciones o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un país, de una ciudad o de una organización cualquiera”. Dentro de la infraestructura global de información, la información geográfica puede considerarse un tipo especial de información. Esta especialidad ha dado lugar a la aparición de infraestructuras de información geográfica como parte o independiente de las infraestructuras de información (Van Loenen, 2006).

El concepto de infraestructura de datos geoespaciales fue promovido desde diversas iniciativas, haciendo mayor hincapié en los contenidos y las implicaciones que en las tecnologías para las comunicaciones (Coleman & McLaughlin, 1998). El término Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) es, a menudo, utilizado para referirse a la colección de tecnologías de base, políticas y acuerdos institucionales que facilitan la disponibilidad y el acceso a la información geográfica. Se utiliza la palabra “infraestructura” ya que contiene los conceptos de confianza, ambiente de apoyo o prestación de servicios, tal y como ocurre con las redes de transporte o de telecomunicaciones (Nebert, 2004). Hay un claro paralelismo entre una IDE y otras formas de infraestructura, pues éstas comprenden servicios básicos e instalaciones necesarias para hacer efectivas sus funciones a una comunidad o a la sociedad en general (Masser, 2007). Aunque para Warnest (2005), el tratamiento de la información espacial como infraestructura surge con la necesidad de regulación de las actividades del sector público y también parte del privado.

Las IDEs son el marco de trabajo principal que se está promoviendo en estos últimos años para romper las barreras que impedían trabajar con la información geográfica. Craglia (2010) las considera como una extensión de un SIG de escritorio, donde los datos recogidos por otras organizaciones pueden ser buscados, recuperados, y usados acorde a unas políticas bien definidas de acceso a la información. Esta tecnología permite el uso de la información geográfica en todos los niveles de la sociedad. Ya no queda restringida a los gobiernos o a las grandes empresas. Un usuario en su casa, con una herramienta SIG puede acceder a grandes bases de datos geográficos, y realizar consultas, análisis de datos e incluso, generar nueva información.

La primera vez que se habla de IDE es en Australia, en enero de 1986. Un año más tarde se elabora un primer documento en Gran Bretaña y en 1990 en Estados Unidos (Masser, 2005a). Aunque la referencia para la mayor parte de los autores del despegue de esta nueva forma de considerar la gestión de la información geográfica es la Orden Ejecutiva 12906 *Coordinating Geographic Data Acquisition and Access: The National Spatial Data Infrastructure* (Clinton, 1994) que originaría el proyecto NSDI, que se constituiría como la infraestructura de datos espaciales estadounidense.

Diferentes gobiernos, organismos y autores han proporcionado distintas definiciones sobre lo que consideran una infraestructura de datos espaciales. Encontramos que son bastantes coincidentes, lo que supone un gran avance para una implantación homogénea en todos los países. En la tabla 2-1 podemos observar un resumen de las definiciones más significativas:

Organismo/Autor	Definición
McLaughlin and Nichols (1992)	Los componentes de una infraestructura de datos espaciales deberían incluir fuentes de datos espaciales, bases de datos y metadatos, redes de datos, tecnología (gestión de la recopilación de datos, gestión y representación), acuerdos institucionales, políticas y normas y usuarios finales
Orden Ejecutiva 12906 del presidente de EEUU (1994)	Se constituye como la tecnología, las políticas, los estándares y los recursos humanos necesarios para adquirir, procesar, almacenar, distribuir y mejorar la utilización de los datos geoespaciales.
<i>Australia New Zealand Land Information Council</i> (1996)	Comprende cuatro componentes básicos: marco institucional, normas técnicas, conjuntos de datos fundamentales y red de centros de intercambio de información.
<i>Global Spatial Data Infrastructure Conference</i> (1997)	Abarca generalmente las políticas, los retos organizacionales, los datos, las tecnologías, los estándares, los mecanismos de entrega y los recursos financieros y humanos necesarios para asegurar que quienes trabajan a escala mundial y regional no se vean impedidos para cumplir sus objetivos
<i>Dutch Council for Real Estate Information</i> , Holanda (1998)	Es una colección de políticas, conjuntos de datos, estándares, tecnología (hardware, software y comunicaciones) y conocimientos que proporcionan al usuario la información geográfica necesaria para llevar a cabo una tarea.
<i>Queensland Spatial Information Infrastructure Council</i> , Australia (1999)	Comprende los conjuntos de datos, acuerdos institucionales, normas técnicas, productos y servicios necesarios para satisfacer las necesidades del gobierno, la industria y la comunidad.
<i>Victorian Geospatial Information Strategy 2000-2003</i> , Australia (1999)	Se conceptualiza como un recurso integral de información geoespacial (la infraestructura, el valor y la capacidad de los cuales son impulsados a los sistemas y procesos de información de Victoria) a través de los elementos estratégicos de custodia, metadatos, infraestructura de acceso, Y conciencia
<i>Canadian Geospatial Data Infrastructure</i> (2000)	Está compuesta por la tecnología, estándares, sistemas de acceso y protocolos necesarios para armonizar todas las bases de datos geoespaciales del país y ponerlas a disposición de los usuarios en Internet.
<i>SDI Cookbook</i> (2004)	Es la recopilación de tecnologías, políticas y disposiciones institucionales que facilitan la disponibilidad y el acceso a los datos geográficos.
Directiva INSPIRE (2007)	Formada por los metadatos, conjuntos de datos espaciales y los servicios de datos espaciales; los servicios y tecnologías de red; los acuerdos sobre puesta en común, acceso y utilización; y los mecanismos, procesos y procedimientos de coordinación y seguimiento establecidos, gestionados o puestos a disposición de los ciudadanos y de otras administraciones.

Tabla 2-1 Compendio de definiciones de infraestructuras de datos espaciales. Basada en el trabajo de Chan, Feeney, Rajabifard, & Williamson, (2001) y completada con otra bibliografía (Clinton, 1994; Coleman & McLaughlin, 1998; Nebert, 2004; Parlamento Europeo, 2007)

Analizando transversalmente estas definiciones, podemos resumir y deducir que la IDE es vista en las distintas organizaciones como un conjunto de componentes que forman una especie de

sistema holístico con unas funciones muy determinadas de gestión y coordinación, poco centradas en la tecnología (Warnest, 2005).

El coste-beneficio que conlleva la implantación de una IDE es difícil de determinar con precisión. Nos encontramos con diferentes estudios (Craglia & Campagna, 2010; Fornefeld & Oefinger, 2001; Geographic Information Panel, 2008; Tóth & Smits, 2009) realizados, sobre todo en Europa, en relación con los trabajos de acompañamiento e implantación de la Directiva INSPIRE. En ellos se concluye que, si bien es fácil determinar el coste de implantación de una IDE, es muy difícil estimar los beneficios que ésta conlleva, ya que no se tienen claramente definidos quiénes son los usuarios finales y las potenciales ventajas que se pueden obtener con el acceso a la información geográfica. En muchas iniciativas se ha llegado a considerar el IDE como un instrumento estratégico para el desarrollo económico del país o región, pero esto lo veremos en detalle en los capítulos siguientes.

La composición y el funcionamiento de las infraestructuras de datos espaciales aparece recogido en el capítulo 4 de este trabajo, dónde se analiza desde distintos puntos de vista: organizativo, tecnológico, social y a partir de la información que gestionan.

#### 2.4.4 Spatial Data Clearinghouses

Ya en textos de hace más de una década, nos encontramos con otro concepto para hacer referencia a un instrumento para la gestión de los datos geográficos. Se trata de *Spatial Data Clearinghouses* (o centro de intercambio de datos geográficos), que puede definirse como una instalación electrónica para buscar, ver, transferir, ordenar, publicitar y difundir datos geográficos de numerosas fuentes a través de Internet y, según proceda, proporcionar servicios complementarios (Cromptvoets, Bregt, Rajabifard, & Williamson, 2004). Dicho centro de intercambio consta generalmente de una serie de servidores que contienen información (metadatos) sobre datos digitales disponibles. Está basado en una red distribuida de proveedores y usuarios de datos geográficos.

Como indica el vocablo *Clearinghouse*<sup>4</sup> en inglés, se trata de un punto de encuentro de proveedores y usuarios. Los primeros dan a conocer la existencia de su información, sus condiciones de uso y las instrucciones para acceder a ella, y los segundos pueden descubrir que datos están disponibles y sus características.

En algunos países, y sobre todo a un nivel muy global, se implantaron estos instrumentos como solución al intercambio de información geográfica. Es una herramienta con un coste de implantación menor que el de una infraestructura de datos espaciales, pero con un enfoque orientado a los datos y no a los usuarios o a las aplicaciones. Esta orientación estaba bien cuando la tecnología de los SIG hacía que fueran elementos aislados, pero cuando la implantación de las IDEs fue extendiéndose y la tecnología lo permitió, este enfoque quedó obsoleto ya que los usuarios demandaban interoperabilidad entre sus aplicaciones y sistemas. Uno de los principales factores que tendrán un impacto positivo en la evolución en este campo es la inclusión de

---

<sup>4</sup> Clearinghouse (según Merriam-Webster Dictionary): agencia centrada en la recolección, clasificación y distribución de información. De una forma más amplia, es un canal informal para distribuir información o asistencia.

servicios web, la estabilidad de la financiación y la creación de interfaces de fácil utilización (Cromptvoets et al., 2004). En regiones como Oceanía, en dónde las IDEs nacionales están orientadas a los datos, se identifican éstas con los *Spatial Data Claringhouses* (Masser, 2009).

### 2.5 Sistemas de información corporativos

Según la RAE, la palabra “corporativo” se refiere a algo “perteneciente o relativo a una corporación”, y entendemos por “corporación” cada una de estas tres acepciones: “1.- Organización compuesta por personas que, como miembros de ella, la gobiernan. 2. Empresa, normalmente de grandes dimensiones, en especial si agrupa a otras menores. 3. Corporación pública que establece la ley para encomendarle funciones públicas”.

Los sistemas de información corporativos son entornos de computación multi-usuario con diferentes aplicaciones que, aunque no son necesariamente complejos (a menudo un único servidor y aplicaciones-cliente simples) tienden a ser difíciles de gestionar debido al gran número de usuarios que, además, realizan sus funciones desde en múltiples oficinas dispersas geográficamente. Estos usuarios están distribuidos en departamentos con cometidos muy diversos y con uso de información también muy diferenciado. Nos encontramos con que, por un lado, estos departamentos demandan aplicaciones adaptadas a sus cometidos, pero otro, parte de la información e incluso algunos procesos se comparten entre las distintas unidades.

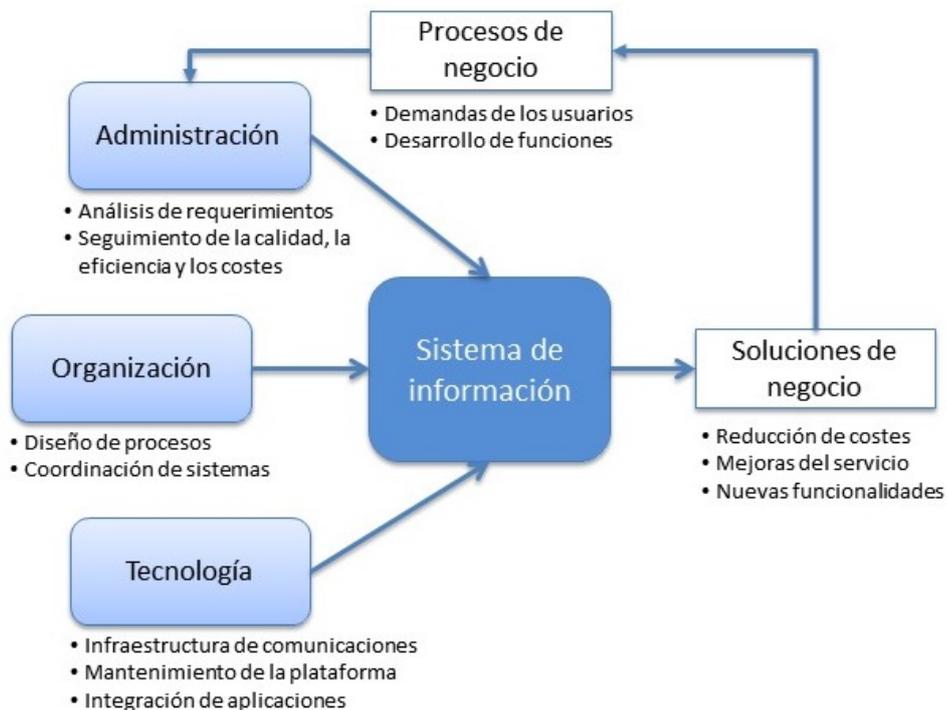


Figura 2-3 Elementos de un sistema de información para una solución de negocios. Adaptado de Laudon & Laudon, (2004)

Los sistemas corporativos imponen una forma de trabajar que permite a las organizaciones donde están implantados, gestionar con eficacia sus labores y reducir los costes en personal y en tecnología, al conseguir realizar más eficientemente todas las tareas relacionadas con la gestión de la información. Si analizamos su composición (figura 2-3) nos encontramos con

elementos tecnológicos, organizativos y los destinados a su administración. Los tecnológicos son los que soportan la infraestructura de las comunicaciones; mantienen la plataforma e integran las aplicaciones que soportan los procesos. En el apartado organizativo se diseñan los procesos y se ejerce la coordinación de los sistemas de las distintas unidades de negocio. Por último, la administración del sistema analiza los requerimientos de los usuarios y de los procesos de negocio y hace el seguimiento de la calidad, la eficiencia y los costes.

Los sistemas de información corporativos se componen de sistemas departamentales que se corresponden con áreas funcionales o de negocio específicas de la empresa u organización. Los procesos de negocios se refieren al conjunto de tareas y comportamientos relacionados, que la organización va a desarrollar a lo largo del tiempo para conseguir los resultados demandados por sus negocios o funciones. Por otro lado, existen otros procesos de negocios transversales que cruzan diferentes áreas funcionales, lo que requiere coordinación entre los distintos departamentos implicados. Por ejemplo, para realizar las funciones del departamento de marketing de una empresa, o del departamento de agricultura de un gobierno, es necesario disponer de aplicaciones relacionadas con sus tareas específicas. Sin embargo, los procesos más generalistas como cumplimentar un pedido en una empresa o encargarse de las solicitudes de los ciudadanos en una administración, pueden ser atendidos por diferentes departamentos o unidades de negocio. Por lo tanto, es necesario desarrollar aplicaciones de carácter transversal que puedan ser utilizadas por usuarios de distintas áreas funcionales, independientemente de su función.

Por lo general, las grandes empresas y las administraciones públicas de tamaño medio y grande, destinan gran cantidad de dinero en sistemas de información para conseguir una serie de objetivos estratégicos, entre los que podemos considerar los más importantes (Laudon & Laudon, 2004) :

- Mejoras operativas: se busca continuamente mejorar la eficiencia en las operaciones con la finalidad de reducir los costes. Los sistemas y las tecnologías de información son óptimos a la hora de conseguir unos niveles de eficiencia y productividad muy altos en las operaciones empresariales, especialmente cuando se combinan adecuadamente con la evolución que se produce en las prácticas de negocios y en el comportamiento administrativo.
- Incorporación de nuevos productos, servicios y modelos de negocios. Los sistemas de información permiten ofrecer nuevos productos y servicios, así como implantar modelos de negocios totalmente nuevos. En las administraciones, ofrecen a los ciudadanos nuevas formas de interactuar desde sus propias casas.
- Buenas relaciones con clientes/usuarios y proveedores. Cuando una organización conoce realmente a sus clientes o usuarios y los atiende bien, se incrementa la satisfacción de éstos.
- Toma de decisiones mejorada. El manejo abundante información de buena calidad ayuda a que las empresas y los gobiernos puedan adoptar mejores decisiones en menos tiempo.

## 2.6 SIG corporativos

Para las grandes organizaciones que ejercen sus funciones y competencias sobre el territorio, el uso de la información geográfica es imprescindible. Las grandes empresas de distribución de energía, de transporte, de telecomunicaciones, junto con los gobiernos en todos sus niveles, necesitan gestionar información geográfica a la hora de planificar su trabajo, tomar de datos, análisis, estudios y contacto con los clientes o administrados. En unos casos, se gestionan datos geográficos sobre elementos propios de cada corporación utilizando para ello información de referencia producida por terceros, y en otros, nos encontramos con usuarios y productores de la mayor parte de los datos. Este último caso es el que se da en las administraciones públicas. Producen información de referencia y gestionan datos sobre el territorio en muchos dominios de actuación. Y para ello, utilizan diferentes sistemas de información geográfica en sus áreas de gobierno: agricultura, medio ambiente, infraestructuras, turismo, emergencias, patrimonio y diversos temas menos relacionados con el territorio. En algunos casos, estos sistemas coexisten sin que exista relación entre ellos y en otros, funcionan integrados bajo el “paraguas” de un SIG corporativo.

Gracias a los SIG, la información geográfica se puede integrar perfectamente en un entorno corporativo, teniendo en cuenta que la naturaleza y las necesidades distintas del resto de la información convencional, también van a condicionar el diseño de los sistemas que la tienen que soportar y utilizar. Este tipo de sistemas no sirve únicamente para gestionar los datos geográficos de la organización, sino que también deberá integrarse con el resto de sistemas y aplicaciones para aprovechar los datos geoespaciales de manera estándar, rentable y eficiente dentro de la arquitectura corporativa. Para integrar la información geográfica en las aplicaciones y sistemas corporativos, el *Federal Geographic Data Committee* estadounidense (FGDC & CIO Council, 2009) propone:

- Desarrollar una infraestructura de personal y servicios que trabajen juntos para proporcionar recursos geoespaciales en apoyo de las unidades de negocio de la organización.
- Identificar las actividades corporativas que dependen de la localización espacial y satisfacer sus necesidades con datos y servicios geoespaciales adecuados para mejorar su rendimiento.
- Incorporar la funcionalidad geográfica en actividades corporativas tradicionales no optimizadas previamente para soportar información y servicios geoespaciales.

Un SIG corporativo se empieza a desarrollar a partir de los sistemas departamentales ya existentes que se crearon de manera aislada a medida que iban surgiendo las necesidades o las oportunidades de incorporar nuevas tecnologías. Cuando el número de sistemas instalados llega a un nivel en el que surgen conflictos en la coordinación de la producción y gestión de los datos geográficos, la organización propone la implantación de la herramienta corporativa. Puede darse el caso de que se decida comenzar directamente a implantar un SIG corporativo, lo que facilitaría su diseño, ya que se puede realizar sin condicionantes en cuanto a datos o tecnologías existentes.

Los principales problemas que aparecen en la fase de diseño son debidos a la coordinación de los gestores de los diferentes SIGs en funcionamiento en los distintos niveles administrativos

de una organización. A partir de las características de estos sistemas y de los procesos que requiera la organización, se empieza a diseñar el núcleo central del sistema corporativo. Esta parte común del sistema se conforma como la infraestructura que soporta los datos y aplicaciones compartidas, y de ella dependen el resto de sistemas o módulos adaptados al modelo de negocio que se utiliza en cada centro directivo (Chan, 1998). Por lo tanto, un SIG corporativo se implanta a partir del diseño de un módulo SIG de infraestructura para apoyar los diversos módulos SIG de procesos corporativos

A veces se piensa que, para que funcione bien, sólo debe haber una aplicación centralizada que dé respuesta a todos los procesos, pero esta opción tiene muchas limitaciones o dificultades en su puesta en marcha (Chan, 1998):

- El dimensionamiento es muy difícil y siempre se encontrarán limitaciones
- Los módulos para cada proceso pueden ser muy diferentes en cuanto a tamaño o en cuanto a su especialización.
- Una dependencia de un SIG central, hace que los técnicos de un departamento no se preocupen de buscar nuevas funcionalidades y pierdan la inquietud por aprender nuevas tecnologías.

El desarrollo de los diferentes módulos SIG se ve afectado significativamente por el entorno organizativo (Chan & Williamson, 1997). El reto en la implantación de un SIG corporativo es encontrar el equilibrio entre desplegar de manera eficiente el sistema de información y satisfacer las necesidades de los usuarios. Todo esto sin olvidar que los SIG departamentales son los que proporcionan el beneficio directamente a la organización. El éxito del módulo central o de infraestructura radica en que funcionen eficientemente los módulos de negocio. El desarrollo de la infraestructura SIG y de los sistemas departamentales debe proceder de manera complementaria para obtener los beneficios lo antes posible y asegurar que la tecnología siga siendo relevante para la organización. Esto sirve para satisfacer las expectativas de los usuarios y para mantener su apoyo (Chan & Williamson, 2000).

## 2.7 SIG en la administración pública

Aunque el término corporativo pueda dar a entender que nos estamos refiriendo una empresa, también se utiliza en el caso de una administración pública. Además, en el ámbito de los sistemas de información geográfica, este concepto se utiliza con gran profusión en las organizaciones públicas, ya que son pocas las empresas privadas que usan la referencia geográfica en sus procesos. La mayor parte de las empresas que usan datos geográficos en sus sistemas de información, los utilizan de una manera residual como complemento de su información. Solamente las que proporcionan servicios relacionados con la cartografía, mantiene grandes sistemas corporativos. Sin embargo, en las administraciones públicas, tradicionalmente las grandes productoras de cartografía y datos geográficos, los SIG corporativos están destinados a la gestión de los datos geográficos y a suministrar de geolocalización a las aplicaciones que así lo demanden.

Encontramos algunas diferencias más en la forma de implantar y poner en marcha un SIG corporativo para un gobierno a diferencia de una empresa privada. Las más importantes que podemos señalar son:

**Soporte a la producción de datos geográficos:** el SIG no sólo debe gestionar los datos, sino que tiene que proveer de aplicaciones para los trabajos de captura y edición de la información. Este tipo de tareas son bastante complejas tecnológicamente pues suponen hacer transacciones de muchos usuarios contra las bases de datos geográficas. Si ya hemos comentado que el dato geográfico es voluminoso para su tratamiento, la incorporación o modificación de elementos conlleva grandes recursos de los sistemas.

- **Soporte a la producción de datos geográficos:** el SIG no sólo debe gestionar los datos, sino que tiene que suministrar aplicaciones para los trabajos de captura y edición de la información. Este tipo de tareas son tecnológicamente complejas pues implican gran cantidad de transacciones de muchos usuarios contra las bases de datos geográficas. Si ya hemos comentado que el dato geográfico es voluminoso para su tratamiento, la incorporación o modificación de elementos demanda grandes recursos a los sistemas.
- **Marco legislativo:** las funciones de una administración aparecen definidas en las leyes elaboradas por los diferentes niveles de gobierno. En el caso de la información geográfica, también nos encontramos con instrumentos legislativos que imponen obligaciones a la hora de capturar los datos, definir las formas de trabajar, acceder a la información, difundir los datos y relacionarse con otras administraciones.
- **Interoperabilidad:** la implantación de la administración electrónica exige a los sistemas de información corporativos el cumplimiento de unos objetivos y principios de interoperabilidad también marcados por las leyes.
- **Difusión de los datos:** el dato público debe ser accesible para los ciudadanos. Y, por consiguiente, la información geográfica entra dentro de esta definición. Esta potencial accesibilidad obliga a que los sistemas dispongan de herramientas para el acceso a la información desde el exterior de propia organización.
- **Estándares:** cuando los datos salen fuera de la organización y sistemas de todo tipo se tiene que interconectar, el uso de estándares es obligatorio. En una empresa privada es recomendable su uso, pero en la administración es un aspecto obligatorio.
- **Información oficial:** una de las obligaciones de cualquier gobierno es la de definir, obtener y difundir la información que maneja en el ejercicio de sus competencias. Por este motivo, esa información se convierte en oficial, lo que conlleva a que su uso sea obligatorio para determinados trámites de los ciudadanos, para la elaboración de nuevos datos oficiales y para la gestión de las políticas del gobierno.

El desarrollo de un SIG corporativo que cumpla estas exigencias y obligaciones supone un esfuerzo mucho mayor, motivo por el cual probablemente los gobiernos han optado por implantar una IDE que cubra sus obligaciones para con los ciudadanos y otras administraciones, dejando la gestión interna de la información geográfica un poco desatendida. Con la llegada de las infraestructuras de datos espaciales el acceso a la información se vio favorecido, pero no las mejoras en la producción y calidad de los datos.

En nuestro país, en los años 90 se implantaron varios SIGs en departamentos aislados, relacionados con la cartografía, la planificación territorial o el medio ambiente. La tecnología tampoco permitía en aquellos momentos la creación de un gran sistema para dar respuesta a varios departamentos. Aunque eran sistemas implantados en grandes ordenadores, su funcionalidad era similar a lo que ahora podemos hacer con un ordenador personal y un programa SIG sobre una base de datos mono-usuario. Aun así, se intentaron desarrollar SIGs corporativos que respondieron de manera aceptable a las escasas demandas de análisis geográficos solicitados, a pesar de haber muy pocos datos digitales. La mayor parte de los trabajos que se desarrollaban en los departamentos SIG o cartográficos, consistían en la digitalización de mapas en papel.

El avance en las tecnologías de la información y la posibilidad de compartir información fácilmente, dio un vuelco a la forma de trabajar con los SIG en la administración pública. Este hecho, unido al desarrollo de instrumentos legislativos que fijaron los derechos y deberes de los gobiernos en esta materia, junto con el impulso que recibieron los estándares para el manejo de la información geográfica, han facilitado el desarrollo de un entorno global de interoperabilidad que en la actualidad facilita el uso de la geolocalización en todo tipo de aplicaciones.

## 2.8 Compartir la información geográfica

De entrada hay que señalar que las más de las veces surgen reticencias a la hora de compartir información geográfica, las organizaciones temen perder autonomía, control sobre la información, independencia y poder organizativo (Nedovic-Budic & Pinto, 1999). Este pensamiento rondó durante años en la cabeza de los gestores de las instituciones, departamentos o entidades públicas con competencias en el territorio.

Los gobiernos son los grandes protagonistas en las estructuras de gestión de la información geográfica y en ellos se establecieron dos doctrinas con respecto a este tema: políticas de recuperación de costes y políticas de acceso abierto a los datos (Van Loenen, 2006). En la primera de ellas, el precio de la información gubernamental debía cubrir el coste de, como mínimo, la elaboración y difusión de los datos, y, de ser el caso, también un retorno de la inversión. El uso de la información estaba restringido y el gobierno podía, incluso, llevar a cabo acuerdos exclusivos con determinados distribuidores o intermediarios. Por el contrario, en el enfoque de acceso abierto se supone que la información gubernamental está disponible por un precio que no excede el coste de reproducción y distribución, con pocas restricciones de uso. Las políticas de recuperación de costes eran las predominantes en Europa en la década de los 90 e inicio de la siguiente. Sin embargo, en Estados Unidos se optó por la otra doctrina, la de dar acceso libre a la información puesto que consideraban que era vital para su economía (Clinton, 1994). Esto se refleja en la Directiva INSPIRE ya que, aunque promulga la localización y visualización de los datos geográficos de forma gratuita, no descarta el cobro de para los servicios de descarga y transformación. En el proceso de redacción de este instrumento legal, algunos países como el Reino Unido, no consintieron que todo fuera gratuito.

Con la puesta en marcha de IDEs en los diferentes niveles de gobierno tras el impulso de INSPIRE, muchos organismos que mantenían la doctrina de recuperación costes, se pasaron a

los datos abiertos. Al mismo tiempo, en Europa se aprobaron otras directivas sobre el aprovechamiento de la información del sector público (conocida como RISP en español, o PSI en inglés). En teoría, estos dos marcos legislativos son perfectamente complementarios, ya que INSPIRE y la directiva RISP plantean un propósito diferente. La Directiva INSPIRE aborda, por un lado, el acceso del ciudadano a la información geográfica en poder de las autoridades públicas y, por otro, el intercambio de información entre las autoridades públicas para el desempeño de sus funciones públicas. La directiva RISP tiene por objeto la reutilización de la información del sector público, incluidos los datos espaciales que abarca INSPIRE, por parte del sector privado con fines comerciales y no comerciales (Janssen, 2005). En estos momentos es difícil encontrar un gobierno a nivel nacional o regional en Europa que ponga dificultades a la hora de compartir la información. Otro tema que hay que analizar es de qué manera se comparten esos datos geográficos y la calidad de los mismos.

### 2.8.1 Reutilización de la información del sector público

La directiva RISP se trasladó al ordenamiento jurídico español a través de la Ley 18/2015, de 9 de julio, por la que se modifica la Ley 37/2007 de 2007 sobre Reutilización de la Información del Sector Público (RISP) que regula la reutilización de los documentos elaborados o custodiados por las administraciones y organismos del sector público. Esta ley no modifica el régimen de acceso a los documentos administrativos ya establecido en la legislación española, sino que aporta un valor añadido al derecho de acceso, estableciendo un marco de regulación básico para la explotación de la información que obra en poder del sector público. Esta norma (Gobierno de España, 2007) persigue:

- Publicar todos los documentos de libre disposición que obran en poder del sector público.
- Facilitar la creación de productos y servicios de información basados en documentos del sector público.
- Reforzar la eficacia del uso transfronterizo de estos documentos por parte de los ciudadanos y de las empresas privadas para que ofrezcan productos y servicios de información de valor añadido.
- Promover la puesta a disposición de los documentos por medios electrónicos, propiciando el desarrollo de la Sociedad de la Información.

Se reconocen tres agentes principales en el proceso de reutilización de la información: las administraciones públicas como creadoras y gestoras de la información, las entidades infomediarias<sup>5</sup> como generadoras de valor y los usuarios finales (empresas y ciudadanos) como destinatarios de la misma.

---

<sup>5</sup> Formada por el conjunto de empresas que generan aplicaciones, productos y/o servicios de valor añadido destinados a terceros, a partir de la información del sector público.



Esquema de reutilización de la información del sector público adaptado del portal Datos.gob.es

El acceso a la información lleva implícito que sea gratuita, ya que se podrá aplicar una tarifa por el suministro de documentos, pero limitándose el pago a los costes marginales en que se incurra para su reproducción, puesta a disposición y difusión. Esto implica que no se pretende recuperar el dinero invertido en su elaboración como defendía la doctrina de recuperación de costes.

La respuesta a este conjunto de leyes ha sido la aparición de los portales de Datos Abiertos (también llamados OpenData) en los diferentes niveles de gobierno: nacional (datos.gob.es), regionales (en Galicia, abiertos.xunta.gal) o local (en Zaragoza, www.zaragoza.es/ciudad/risp/, o en Madrid, datos.madrid.es).

### 2.8.2 Políticas de acceso a la información geográfica

Una gran parte de los datos que se comparten a través de las IDE están disponibles en estos portales de datos abiertos. Incluso en algunos países como Estados Unidos, Australia o Nueva Zelanda, el acceso principal a los datos publicados en su IDE nacional es una sección del portal OpenData. En Europa, se está pasando de la doctrina de recuperación de costes a la de datos abiertos, aunque todavía no ha llegado a materializarse. Sin embargo, las políticas de acceso a la información van sin lugar a dudas en esa dirección. En España, el Instituto Geográfico Nacional aprobó en diciembre de 2015, mediante la orden ministerial FOM/2807/2015<sup>6</sup>, su nueva política de difusión pública de la información geográfica acorde con la doctrina de datos abiertos. Esta política, que otras administraciones españolas productoras de datos geográficos están asumiendo, se basa en los siguientes puntos:

- Se aplica a los productos de datos<sup>7</sup> geográficas digitales generados por el organismo.
- El uso de los productos y servicios de datos geográficos producidos por el organismo tiene carácter libre y gratuito, siempre que se mencione su autoría en la manera que especifique la licencia de uso correspondiente, que será una licencia tipo, pública (por

<sup>6</sup> <https://www.boe.es/boe/dias/2015/12/26/pdfs/BOE-A-2015-14129.pdf>

<sup>7</sup> Producto de datos se utiliza en el sentido que establece la norma ISO 19131, es decir, la abstracción de todos los conjuntos de datos o conjuntos de datos producidos con arreglo a unas mismas especificaciones.

ejemplo, Creative Commons), que el usuario aceptará implícitamente por el simple hecho de utilizar los datos y servicio.

- En el caso de que se generen productos derivados, deberá además mencionarse la fecha de los datos originales del organismo.
- El organismo podrá cobrar costes marginales por la copia en soporte magnético, selección, preparación y elaboración de los datos si así se solicita.

Con la aplicación de esta política de acceso a los datos, los gobiernos quieren conseguir que se revitalice el sector de las tecnologías de la información, lo cual redundará en mejoras para la sociedad en general, que a su vez demandará de los gobiernos información más abundante y de mejor calidad. Como consecuencia, esta demanda implica que se potencien los instrumentos de gestión de datos geográficos.

## 2.9 El marco legal de la información geográfica

Con el fin de proporcionar soluciones a los problemas relacionados con la disponibilidad, calidad, organización, accesibilidad y puesta en común de información geográfica, la Unión Europea pone en marcha en el año 2002 una iniciativa que da como resultado la aprobación de una Directiva comunitaria para establecer una infraestructura de información espacial que sea de ayuda a la hora de adoptar medidas relativas a políticas y actuaciones que puedan incidir directa o indirectamente en el medio ambiente.

Para dotar de coherencia a la Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible se impulsó la iniciativa INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) a través de un Memorandum de entendimiento entre los Comisarios europeos Wallström (D.G. Medioambiente), Solbes (EUROSTAT) y Busquin (JRC). El objetivo era crear un instrumento que proporcionara información geográfica armonizada y detallada para diferentes ámbitos políticos y que fuera de acceso común (Wallstron, Solbes, & Busquin, 2002). Se había detectado que la falta de datos geográficos, la ausencia de estándares y la diversidad de políticas de acceso eran un impedimento a la explotación del potencial de uso de los servicios de información geográfica.

Estos inconvenientes son habituales en gran número de políticas y de temáticas, y están presentes en los diferentes niveles de la autoridad pública. La resolución de estos problemas requiere medidas que atiendan al intercambio, puesta en común, acceso y utilización de datos geográficos interoperables y de servicios de datos espaciales.

### 2.9.1 Directiva INSPIRE

Esta ley europea establece las reglas generales para la constitución de una infraestructura de información espacial en la Unión Europea basada en las infraestructuras de los estados miembros. Fue redactada en colaboración con los países miembros y países en proceso de adhesión con el propósito de dar acceso a información geográfica relevante, concertada y de calidad de forma que se permitiera la formulación, implementación, monitorización y evaluación de las políticas de impacto o de dimensión territorial de la Unión Europea. Se aprobó por el Parlamento Europeo y el Consejo el 14 de marzo de 2007 (Directiva 2007/2/CE).

Para asegurar que las IDEs de los Estados miembros son compatibles e interoperables en un contexto comunitario y transfronterizo, la Directiva exige que se adopten Normas de Ejecución comunes (denominadas *Implementing Rules*) para las siguientes áreas: metadatos, especificaciones de datos, servicios de red, servicios de datos espaciales, datos y servicios de uso compartido y seguimiento e informes. Estas normas se consideran Decisiones o Reglamentos de la Comisión y por tanto son de obligado cumplimiento en cada uno de los países miembros de la Unión. La implementación técnica de estas Normas se realiza mediante las Guías Técnicas o Directrices (*Technical Guidelines*), que son documentos técnicos basados en estándares y normas internacionales.

Los principios marcados por la Directiva y en los que se basa todo su desarrollo, son los siguientes (Parlamento Europeo, 2007):

- Los datos deben ser recogidos sólo una vez y ser mantenidos en el nivel donde se logre máxima efectividad.
- Debe ser posible combinar información geográfica con total continuidad para toda Europa desde fuentes diversas, y compartirla entre usuarios y aplicaciones.
- Debe ser posible que la información recogida en un nivel sea compartida por otros niveles.
- La información geográfica debe ser abundante y disponible bajo condiciones que no inhiban su uso extensivo.
- Debe ser fácil descubrir la información geográfica disponible y en qué condiciones puede conseguirse y usarse.
- Los datos geográficos deben ser fáciles de entender e interpretar

## 2.9.2 LISIGE y SCN

LISIGE es el nombre con el que se conoce a la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España, que incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2007/2/CE garantizando su cumplimiento, incluido el establecimiento de la Infraestructura de Información Geográfica de España (IDEE), que está integrada por el conjunto de infraestructuras de información geográfica y servicios interoperables de información geográfica bajo responsabilidad de las Administraciones Públicas españolas.

La LISIGE supone la renovación conceptual de la norma básica sobre cartografía en el Estado español: la Ley 7/1986, de 24 de enero, de Ordenación de la Cartografía, que tuvo desarrollo reglamentario a través del Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, que regula el Sistema Cartográfico Nacional (SCN). Es de aplicación en todos los datos geográficos que cumplan las siguientes condiciones:

- Se refieran a una zona geográfica del territorio nacional, el mar territorial, la zona contigua, la plataforma continental y la zona económica exclusiva, generada o bajo responsabilidad de las Administraciones públicas y sobre la que el Estado tenga jurisdicción.

- Estén en formato electrónico.
- Su producción y mantenimiento sea competencia de una Administración u organismo del sector público.
- Se refieran a Información Geográfica de Referencia o a Datos Temáticos Fundamentales; o a Datos Temáticos Generales existentes, salvaguardando en este caso los intereses prioritarios de la defensa nacional.

Los datos geográficos y servicios proporcionados por las distintas administraciones u organismos del sector público integrados en la IDEE están disponibles a través de su geoportal, gestionado por el Instituto Geográfico Nacional. Por otro lado, el Sistema Cartográfico Nacional (SCN) define un modelo de actuación que persigue el ejercicio eficaz de las funciones públicas en materia de información geográfica con el fin de alcanzar los siguientes objetivos:

- Garantizar la homogeneidad de la información producida por los organismos públicos que forman parte de él.
- Favorecer la eficiencia en el gasto público destinado a cartografía y sistemas de información geográfica.
- Asegurar la disponibilidad pública y actualización de los datos geográficos de referencia.
- Optimizar la calidad de la producción cartográfica oficial y su utilidad como servicio al público.

El SCN está íntimamente ligado a la producción de datos geográficos de acuerdo con la Directiva Inspire, pero limitado por su rango normativo y por el marco habilitado por la Ley 7/1986 que aún está en vigor. Este decreto fija el marco de actuación en materia de colaboración y cooperación interadministrativa para no caer en duplicidades y capturar datos geográficos con las mismas especificaciones. Este decreto se aprobó poco después de la Directiva INSPIRE y luego con la LISIGE que amplió ese marco, promoviendo una mejor organización de los servicios públicos de información geográfica y cartografía.

En todos estos instrumentos legales se habla de normas internacionales como elementos esenciales para el intercambio y acceso a la información geográfica. Estos organismos creadores de estándares son esenciales para el funcionamiento de los mecanismos que promueven estas leyes.

## 2.10 Estándares sobre información geográfica

El desarrollo de las tecnologías de la información y su aplicación en el campo de la información geográfica, dio lugar a la automatización de procedimientos, que es lo que conocemos como Geomática. Esta nueva forma de trabajar con los datos geográficos hizo pensar que sería posible estandarizar la mayor parte de los aspectos implicados (Ariza López & Rodríguez Pascual, 2008). Los estándares ayudan a crear un entorno efectivo y consistente para implementar las capacidades geoespaciales de los sistemas de gestión de la información geográfica (FGDC & CIO Council, 2009).

Aunque el lenguaje común admite<sup>8</sup> que hablemos de normas, estándares o especificaciones indistintamente, conviene aclarar la diferencia entre estos conceptos, sobre todo a la hora de interpretar los documentos (Ariza López & Rodríguez Pascual, 2008):

- **Norma:** documento que armoniza aspectos técnicos de un producto, servicio o componente, definido por algún organismo oficial de normalización (ISO, CEN o AENOR).
- **Estándar:** documento o práctica que sin llegar a ser norma, está acreditado y aceptado por el uso y cumple una función similar a la de una norma.
- **Recomendación:** es una directriz que promueve un organismo que intenta armonizar prácticas y uso en una comunidad determinada, normalmente basándose en un consenso previo.
- **Especificación:** es una descripción técnica, detallada y exhaustiva de un producto o servicio, que contiene toda la información necesaria para su producción. Algunas especificaciones pueden ser adoptadas como normas o como estándares.

Existen varias organizaciones que contribuyen al uso efectivo y compartido de datos y servicios de información geográfica a través del desarrollo de estándares y especificaciones. A continuación, se describen dos de las principales organizaciones de normalización.

### 2.10.1 Open Geospatial Consortium (OGC)

Antes conocido como *Open GIS Consortium*, es una organización internacional que agrupa a más de 400 empresas, agencias gubernamentales y universidades para participar en un proceso de consenso con el objetivo de desarrollar estándares que estarán disponibles al público, dentro del campo de la información geográfica. La iniciativa partió de la propia industria de desarrollo de software gráfico en 1994, incorporándose después empresas productoras de datos y agencias gubernamentales relacionadas con la cartografía y la información geográfica.

Los estándares y especificaciones OGC fomentan el uso de soluciones interoperables que hacen posible la web geográfica, los servicios y los productos basados en la localización, es decir, incorporar las tecnologías de la información a la producción y uso de la cartografía. Las especificaciones permiten a los desarrolladores de la tecnología hacer que la información geográfica compleja y sus servicios sean accesibles y útiles con todo tipo de aplicaciones y usuarios. Su desarrollo se realiza mediante un proceso de consenso único apoyado por la industria, los gobiernos y los miembros de la comunidad académica para posibilitar que las tecnologías de geoprocésamiento puedan interoperar al máximo.

En el proceso de creación o definición de un estándar para aplicar en el mercado, se producen una gran cantidad de documentos con diferentes nombres. Según el estado de definición del estándar, el documento puede cambiar de nombre y de versión. El listado de los más importantes es el siguiente:

---

<sup>8</sup> Provocado por la traducción al español del vocablo inglés *Standard*, que se puede utilizar como Norma o como Estándar.

- *OGC Specifications*: documentos técnicos que detallan interfaces o codificación entre componentes de software. Contienen los detalles necesarios para su implementación.
- *Abstract Specification*: documento que proporciona los fundamentos conceptuales y los modelos de referencia para las actividades de desarrollo de especificaciones de OGC.
- *OGC Reference Model (ORM)*: proporcionan un marco de referencia para los diferentes trabajos de OGC. Describe la base de normas centrándose en las relaciones entre los documentos de especificaciones de OpenGIS.
- *Best Practices Documents*: documentos de debate y buenas prácticas sobre la implementación y el uso de especificaciones de OGC. Representan la posición oficial de OGC ante la adopción de las normas.
- *Discussion Papers*: su objetivo es crear discusión en la industria de la información geoespacial sobre un tema específico que se ha tratado en los diferentes grupos de trabajo que se forman para la elaboración de estándares. No representan ninguna posición oficial de OGC.
- *White Papers*: documentos que describen posturas oficiales de OGC ante determinados temas.

El OGC ha elaborado una gran cantidad de especificaciones, y buena parte de ellas han sido después transformadas en normas por ISO en su familia de normas para la información geográfica.

### 2.10.2 International Organization for Standardization Technical Committee 211

Este organismo es el mayor desarrollador de estándares del mundo. Dentro de ISO, se creó en 1991 el Comité Técnico 211 para la información geográfica/geomática que es el responsable de la elaboración de la familia de normas 19100 relacionadas con objetos o fenómenos que están directa o indirectamente asociados con una localización relativa a la Tierra. La normativa trata sobre los métodos, herramientas, y servicios para la gestión de datos, adquisición, procesamiento, análisis, acceso, presentación y transferencia de información geográfica en formato digital entre diferentes usuarios, sistemas y localizaciones (Ariza López & Rodríguez Pascual, 2008).

Si OGC representa la vía de hecho para definir un estándar, el camino oficial lo determina la ISO, avalada por las organizaciones gubernamentales, mediante su comité técnico TC211. Esta vía es más lenta y finaliza cuando los diferentes países asumen esas normas. Sin embargo, el trabajo del *Open Geospatial Consortium* es mucho más ágil, pues elabora las especificaciones fomentando el consenso entre diferentes grupos de interés o consorcios, y con su utilización por parte de los usuarios, se acaban convirtiendo en normas de obligado cumplimiento.

Conviene destacar la actividad que desarrolla el Consejo Consultivo Conjunto ISO/TC211-OGC. Este grupo está codirigido por miembros del TC211 y OGC con el objetivo coordinar los esfuerzos normativos de ambos organismos. Como resultado se consigue establecer una única normativa de referencia en información geográfica digital, ISO 19100, que abarca los fundamentos de las especificaciones OGC y asegurando la coordinación entre ambos ámbitos

de estandarización. Se adoptó como criterio general reutilizar la normativa genérica de tecnologías de la información y, sólo cuando esta no exista, desarrollar normativa propia. Es por este motivo que estas normas mantienen fuertes lazos con otras normas y estándares internacionales como UML sobre el Lenguaje Unificado de Modelado, ISO 9000 sobre gestión de la calidad, la ISO 8601 acerca de fechas y horas entre otras. Toda la familia ISO 19100 se basa en el paradigma orientado a objetos y usa como lenguaje universal de modelado UML (Vitturini & Fillottrani, 2008)

En la URL [http://www.isotc211.org/pow\\_all.htm](http://www.isotc211.org/pow_all.htm) podemos obtener una relación actualizada del programa de trabajo de elaboración de normas de ISO/TC 211 y su estado de desarrollo. Gracias al trabajo de normalización de estos dos organismos, podemos construir sistemas de información geográfica interconectados, que comparten datos y realizan procesos entre ellos. Son sistemas interoperables que reducen el coste de desarrollo de los sistemas aislados y ofrecen a los usuarios muchas más posibilidades de análisis de la información geográfica.

La normalización hace posible la interoperabilidad, pero no sólo con normas y estándares seremos capaces de construir sistemas interoperables, también necesitamos organización y metodología de trabajo. Estos dos aspectos son imprescindibles en los sistemas compuestos de sistemas, como es el caso de los SIG corporativos.

## 2.11 Interoperabilidad

El impacto de las nuevas tecnologías en la administración públicas ha generado un cambio muy sustancial en la forma de funcionar y de relacionarse con el ciudadano. A este fenómeno se le denomina administración electrónica (*e-government*) y permite prestar servicios públicos de mejor calidad, reducir tiempos de espera y mejorar el rendimiento, aumentar la productividad y mejorar la transparencia. Una de las cuestiones clave para un óptimo funcionamiento de la administración electrónica y además conseguir su implantación definitiva es la interoperabilidad.

El término interoperabilidad se puede definir como la capacidad de los sistemas de información, y de los procesos corporativos que soportan, de intercambiar datos y posibilitar la puesta en común de información y conocimientos (Parlamento Europeo, 2004). Para que sea posible esta conexión de sistemas para intercambiar datos, debemos tener en cuenta diferentes aspectos pues no sólo depende de la tecnología, tal y como es lógico pensar. Según el Marco Europeo de Interoperabilidad (Comisión Europea, 2017), para lograr la interoperabilidad se debe trabajar en cuatro dimensiones o niveles:

- **Organizativa**, que contempla la modelización de los procesos y la colaboración entre las administraciones. Este aspecto de la interoperabilidad tiene que ver con la definición de los objetivos corporativos, la definición de los procesos y con lograr la colaboración de las organizaciones que deseen intercambiar información y que pueden tener diferentes estructuras y procesos internos.
- **Técnica**, que cubre los asuntos técnicos para conectar ordenadores y servicios. Incluye aspectos claves como interfaces abiertos, servicios de interconexión, integración de

datos y middleware, intercambio y presentación de datos y servicios de accesibilidad y seguridad.

- **Semántica**, que contempla no sólo que los recursos de información puedan estar conectados, sino que también la información que pueda ser interpretable de forma automática y consecuentemente reutilizable por aplicaciones informáticas que no intervinieron en su creación. La interoperabilidad semántica permite a los sistemas combinar la información recibida con otros recursos de información y procesarlos de manera que tengan significado.
- **Legal**: que intenta asegurar que las organizaciones que operan bajo diferentes marcos legales, políticas y estrategias pueden trabajar juntas. Para ello se exige que la legislación no bloquee la creación de servicios públicos y que haya acuerdos claros sobre cómo abordar las diferencias legislativas.

La primera dimensión, la que se refiere a la organización, es compleja y depende, en la mayoría de los casos, de la estructura de la administración y de su forma de funcionar. Tal y como analizásemos en los siguientes capítulos, es un aspecto fundamental para el buen funcionamiento de un SIG corporativo. La dimensión técnica es más sencilla de conseguir, pues disponemos de normas técnicas, estándares y especificaciones especialmente diseñados para este fin. Solo tenemos que seguir el camino que nos marcan estos documentos y respetar sus directrices, tal y como se muestra en el capítulo 4. En cuanto a la semántica, depende de lo bien que estén diseñadas las especificaciones y la calidad de los datos. En el capítulo 5 se profundiza en este tema.

Por último, la interoperabilidad legal quizá sea la menos importante, pero es necesario tenerla en cuenta para que los instrumentos legislativos no impidan el funcionamiento de los otros niveles. A nivel europeo, se aprobaron unas directrices que luego se implantaron también a nivel nacional.

### 2.11.1 Marco Europeo de Interoperabilidad (EIF)

La primera versión fue publicada en noviembre de 2004. Se renovó en diciembre de 2010 y, después de una amplia consulta por parte de la Unión Europea, se revisó en marzo de 2017. Este documento está dirigido a mejorar la calidad de los servicios públicos electrónicos de la administración, a aumentar su interoperabilidad, eficacia, eficiencia y a mejorar las posibilidades de colaboración digital entre organismos de la administración con otros externos.

En este marco encontramos las directrices básicas de interoperabilidad en forma de principios, modelos y recomendaciones comunes para la actualización de los Esquemas de Interoperabilidad Nacionales. El objetivo del EIF (Comisión Europea, 2017) es:

- Inspirar a las administraciones públicas europeas en sus esfuerzos por diseñar y ofrecer servicios públicos sin interrupciones a otras administraciones públicas, ciudadanos y empresas que sean digitales y abiertos, permitiendo la reutilización, la participación, el acceso y la transparencia.

- Proporcionar orientación a las administraciones públicas sobre el diseño y la actualización de los marcos nacionales de interoperabilidad o sobre políticas, estrategias y directrices nacionales que promuevan la interoperabilidad.
- Contribuir al establecimiento del mercado único digital fomentando la interoperabilidad transfronteriza e intersectorial para la prestación de servicios públicos europeos.

El conjunto de principios que define este marco para establecer los comportamientos generales sobre la interoperabilidad son 12 y se agrupan en 4 categorías:

1. Principio que establece el contexto de las acciones de la UE en materia de interoperabilidad:
  - **Subsidiaridad y proporcionalidad:** requiere que las decisiones sean tomadas lo más cerca de los ciudadanos y siempre dentro de los límites que fija el Tratado de la Unión Europea.
2. Principios básicos de interoperabilidad:
  - **Apertura:** se refiere a datos, especificaciones y software.
  - **Transparencia:** se refiere a la visibilidad entre entornos administrativos y a la disponibilidad entre interfaces. Siempre asegurando la protección de datos.
  - **Reusabilidad:** respecto a datos, soluciones tecnológicas y aplicaciones.
  - **Neutralidad tecnológica y portabilidad de datos:** se deben prever el acceso y la reutilización de sus servicios y datos públicos independientemente de las tecnologías o productos específicos.
3. Principios relacionados con las necesidades y expectativas de los usuarios genéricos:
  - **Centrado en el usuario:** deben tenerse en cuenta las necesidades de los usuarios al determinar qué servicios públicos deben proporcionarse y cómo deben ser facilitados.
  - **Inclusión y accesibilidad:** para que todos puedan tener las mismas posibilidades de acceso a los servicios de la administración.
  - **Seguridad y privacidad:** se deben establecer los procesos para garantizar un intercambio de datos seguro y fiable entre las administraciones públicas y en las interacciones con los ciudadanos y las empresas.
  - **Multilingüismo:** las arquitecturas técnicas y los sistemas deben soportar el uso de varios idiomas.
4. Principios fundamentales para la cooperación entre administraciones públicas:
  - **Simplificación administrativa:** en la medida de lo posible, las administraciones públicas deben procurar coordinar y simplificar sus procesos.
  - **Preservación de la información:** se exige que las decisiones y los datos se almacenen y se pueda acceder a ellos durante un tiempo determinado.
  - **Evaluación de la efectividad y la eficiencia:** en todo lo relativo a las diferentes soluciones de interoperabilidad y opciones tecnológicas, considerando las necesidades de los usuarios, la proporcionalidad y el equilibrio entre costos y beneficios.

La interoperabilidad es un requisito previo para permitir la comunicación electrónica y el intercambio de información entre las administraciones públicas. Esto lo convierte también en una obligación para lograr un mercado digital único. Los programas de interoperabilidad en la Unión Europea han evolucionado con el tiempo. Al principio, se preocupaban de lograr la interoperabilidad sólo en determinados dominios mediante la puesta en marcha una infraestructura común. Más recientemente, se ha comenzado a abordar la gobernanza, la compatibilidad de los instrumentos jurídicos, la alineación de los procesos de negocio y el acceso seguro a las fuentes de datos para proporcionar servicios públicos de pleno derecho (Comisión Europea, 2017).

### 2.11.2 Esquema Nacional de Interoperabilidad (ENI)

A partir del EIF, fue elaborado el Real Decreto 4/2010, de 8 de enero, por el que se regula el Esquema Nacional de Interoperabilidad en el ámbito de la Administración Electrónica. El ENI<sup>9</sup> toma los principios y niveles de interoperabilidad de regulación europea para determinar las líneas a seguir por los diferentes niveles de gobierno en la implantación de soluciones tecnológicas que aseguren la interoperabilidad. Este marco de actuación persigue los siguientes objetivos (Gobierno de España, 2017):

- Comprender los criterios y recomendaciones que deberán ser tenidos en cuenta por las administraciones públicas para la toma de decisiones tecnológicas que garanticen la interoperabilidad que permita el ejercicio de derechos y el cumplimiento de deberes a través del acceso electrónico a los servicios públicos, a la vez que redunde en beneficio de la eficacia y la eficiencia, y que eviten la discriminación a los ciudadanos por razón de su elección tecnológica.
- Introducir los elementos comunes que han de guiar la actuación de las administraciones públicas en materia de interoperabilidad.
- Aportar un lenguaje común para facilitar la interacción de las administraciones públicas, así como la comunicación de los requisitos de interoperabilidad a la industria.

Hasta la fecha se han aprobado diferentes normas técnicas previstas en el ENI. Se trata de normas relativas a los documentos electrónicos, digitalización de documentos, firma electrónica, y otras relacionadas con procedimientos básicos de la administración. Todavía no se ha abordado ninguna norma técnica relativa a la interoperabilidad geográfica o posicional. Varios autores han estudiado la forma de reconocer o identificar los elementos que nos permiten conocer si los sistemas o los datos geográficos son interoperables: Ariza López (2009) concluye que es necesario incorporar la interoperabilidad en el conjunto definitorio de la calidad de los datos, aunque se trate de un elemento relativo a dos conjuntos de datos; Manso Callejo (2009) determina que una buena parte de los requisitos de interoperabilidad pueden recaer en los metadatos; Vitturini & Fillottrani (2008) plantean que la falta de estandarización en la representación de la información geográfica es un gran obstáculo para la interoperabilidad; o

---

9

[https://administracionelectronica.gob.es/pae\\_Home/pae\\_Estrategias/pae\\_Interoperabilidad\\_Inicio/pae\\_Esquema\\_Nacional\\_de\\_Interoperabilidad.html#.WLW1ifnhC71](https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/pae_Estrategias/pae_Interoperabilidad_Inicio/pae_Esquema_Nacional_de_Interoperabilidad.html#.WLW1ifnhC71)

Oliva Santos, Garea Llano, & Maciá Pérez (2009) que proponen la utilización de elementos semánticos (ontologías) en los SIG ya que facilita el desarrollo de tareas como la búsqueda en mapas y constituye la base para una verdadera interoperabilidad basada en el conocimiento.

### 2.11.3 Modelo de interoperabilidad para la información geográfica

Para la gestión de los datos geográficos, algunos autores proponen incorporar más niveles de interoperabilidad a los cuatro que propone el marco europeo. En este sentido, Manso Callejo, Wachowicz, Bernabé-Poveda, Sanchez Maganto, & Rodriguez Pascual (2008) proponen un modelo de interoperabilidad en las infraestructuras de datos espaciales basado en siete niveles

- Técnica: aquella que posibilita la interconexión de los sistemas a nivel de protocolos y el intercambio de información en su nivel más básico (bits).
- Sintáctica: aquella que posibilita el intercambio de información en un formato común, incluyendo en este tipo de interoperabilidad aspectos como los formatos estandarizados de datos que intercambian los sistemas.
- Semántica: aquella que posibilita el intercambio de información, utilizando un vocabulario común y compartido que evite las inexactitudes en la interpretación del significado de los términos.
- Pragmática: aquella que posibilita que los sistemas conozcan y exploten los métodos y procedimientos de los demás sistemas. Se entiende por aspectos de interoperabilidad pragmática a los estándares y especificaciones que definen las taxonomías de servicios y sus interfaces de explotación.
- Dinámica: aquella que permite a los sistemas autocorregir su funcionamiento ante los cambios en la transferencia de información, y sacar partido de ello.
- Conceptual: aquella que permite conocer y reproducir el funcionamiento de un sistema en base a la documentación usualmente expresada en un formato de ingeniería.
- Organizacional: aquella que permite conocer los objetivos de negocio, los modelos de procesos, las leyes y políticas de acceso y el uso de los datos y los servicios.

Aunque este modelo de interoperabilidad puede parecer más amplio, y desde el punto de vista informático más completo, no contempla la representación espacial ni la interoperabilidad legal. Se limita a que los sistemas se entiendan, que haya acuerdos en otros muchos aspectos, pero deja de lado la interoperabilidad en la característica que diferencia a los SIGs de los sistemas de información convencionales, la geometría de los objetos del mundo real. Y la falta de concordancia en la forma de representar los fenómenos genera muchos problemas cuando se trabaja con múltiples fuentes de datos.

Podemos apreciar que no hay una forma determinante de definir la interoperabilidad en los datos geográficos. Parece que sería necesario asegurar el máximo número de niveles en los sistemas de información para así conseguir que un SIG corporativo formado por diferentes sistemas funcione como una única herramienta que gestione toda la información geográfica de una organización.

## 2.12 Conclusiones

El valor de la información aumenta cuando está ligado a la Tierra. Hace que el objeto o asunto sea fácil de identificar, y como resultado fácil de alcanzar. La necesidad de información geográfica es evidente desde hace tiempo (Van Loenen, 2006). Por este motivo, entre otros, se ha venido utilizando durante siglos la información geográfica con un carácter estratégico. Con el desarrollo de las tecnologías de la información, los mapas tradicionales en papel se han visto gradualmente reemplazados por la información geográfica digital, por medio de mapas digitalizados, de productos obtenidos por sensores en satélites de observación de la tierra o aviones, de sensores in-situ y de dispositivos de posicionamiento (GPS principalmente). Los mapas en papel son utilizados todavía para visualización, pero los ordenadores y otros dispositivos, se han convertido en el principal medio para el análisis espacial, el diseño en ingeniería y los servicios basados en la geolocalización (Tóth, Portele, Illert, Lutz, & Nunes de Lima, 2012).

Esta evolución en la manera de concebir y utilizar los datos geográficos no fue sencilla ni fácil, ni ocurrió a la misma velocidad que se desarrollaron otros aspectos de la información. La naturaleza propia del dato referenciado a una localización no facilita precisamente los procesos. La complejidad y riqueza de los datos geográficos, junto con la herencia de los procesos productivos, presentan cuestiones específicas que dificultan la integración de datos para conseguir la interoperabilidad (Vilches-Blázquez, 2011). Por este motivo también se explica el que la producción y gestión de este tipo de información sea costoso, lo que a su vez implica que la información apropiada y los medios para utilizarla al máximo no siempre estén fácilmente disponibles, en particular en el mundo subdesarrollado (Nebert, 2004).

La herramienta creada para gestionar este tipo de datos ha sido y continúa siendo el sistema de información geográfica. El concepto de SIG ha evolucionado hasta convertirse actualmente en sistemas complejos que buscan dar solución a todas las necesidades que se surgen con los datos geográficos (Olaya, 2014). Gracias a esta utilidad se ha conseguido integrar la localización geográfica en muchos procesos y aplicaciones. El SIG en sí mismo funciona como una herramienta de alta capacidad que puede realizar muchas operaciones con datos georreferenciados. Y como estos datos son caros y de manejo complejo, es necesario compartir e estandarizar la información.

Como respuesta a estas necesidades propias de la evolución de la sociedad de la información surgieron las infraestructuras de datos espaciales, como una forma de infraestructura de información en la era de Internet. Una IDE se conforma como un sistema holístico formado por los acuerdos institucionales, la coordinación, las políticas, los datos y las normas, las redes de acceso y distribución, y el conjunto de usuarios y proveedores de información espacial, similar a la infraestructura pública como pueden ser las redes públicas de carreteras o de otro tipo de servicios básicos (Warnest, 2005).

Existe un creciente interés a nivel internacional sobre el papel que juegan las IDE como herramientas clave para el desarrollo sostenible. Estas pueden diseñarse como soluciones nacionales basadas en la red, que proporcionan un fácil, consistente y efectivo acceso a la información geográfica y a los servicios de los organismos públicos y de otras organizaciones (Crompvoets, Rajabifard, Van Loenen, & Delgado Fernández, 2008).

El concepto de sistema de información corporativo se entiende como un conjunto de sistemas independientes al servicio cada departamento de una corporación, que trabajan bajo unas directrices comunes para funcionar como un único sistema complejo (Popovich, 2009). En el caso de los SIG corporativos, la organización es similar con la particularidad de que manejan un tipo de información que necesita un tratamiento específico y que, por lo general, están implantados en administraciones públicas.

Los gobiernos necesitan utilizar los SIG para la toma de decisiones en el territorio y para gestionar la información geográfica que producen para otros fines. A partir de los años 80, se empezaron a implantar SiGs en aquellos departamentos o entidades públicas que los requerían y apostaron por su utilidad. El caso más común, es que se nos encontrásemos con una dispersión de sistemas que funcionaban de manera independiente. La tecnología en aquellos tiempos tampoco facilitaba el trabajo en conjunto. El desarrollo de las TIC y los impulsos de determinados gobiernos por compartir la información provocó un cambio en la forma de concebir estos sistemas a mediados de los 90.

Uno de los principales motivos por el que se comienza a desarrollar la administración electrónica para ayudar al sector público es para hacer frente a las contradictorias exigencias de ofrecer más y mejores servicios con menos recursos. El intercambio de buenas prácticas y la cooperación entre las administraciones en todos los ámbitos va a acelerar su adopción, aportar ahorro mediante la reutilización de conceptos y soluciones de eficacia probada, y acelerar la creación y operatividad de servicios paneuropeos para ciudadanos y empresas. Para implantar esta nueva forma de funcionar fue necesario utilizar los sistemas de información y que además, se pudieran conectar entre sí. Ésto es lo que se conoce como interoperabilidad, que podemos definir como “la capacidad de los sistemas o componentes de intercambiar información y de poder controlar el procesamiento cooperativo entre aplicaciones”.

Para regular la interoperabilidad que posibilita la administración electrónica, los gobiernos han establecido los denominados marcos de interoperabilidad que marcan una serie de directrices a seguir por todos los componentes que están bajo su jurisdicción. A nivel europeo se aprobó *European Interoperability Framework* (EIF) para crear un entorno interoperable europeo coherente y facilitar así la prestación de servicios que funcionen conjuntamente en las distintas organizaciones o ámbitos. La interoperabilidad de los servicios de administración electrónica, basados en normas y en especificaciones e interfaces abiertas, se ha convertido en una tarea transversal de vital importancia para la UE (Hernández-Pérez, Rodríguez-Mateos, Martín-Galán, & García-Moreno, 2009). Más tarde, cada país adoptó un esquema de interoperabilidad basado en los principios y niveles del EIF para determinar las directrices en la implantación de soluciones tecnológicas que aseguren el intercambio de información entre los sistemas en los diferentes niveles de gobierno.

El seguimiento de estas líneas de actuación, unido a la aprobación de instrumentos legislativos que regulan la reutilización de la información del sector público por parte de los ciudadanos, las empresas y los gobiernos, ha creado un entorno favorable a la implantación de sistemas de información geográfica corporativos e infraestructuras de datos espaciales para la gestión, el intercambio, reutilización y difusión de los datos geoespaciales. También ha contribuido el

desarrollo, por parte de los organismos internacionales de normalización, de la familia de normas ISO 19100 en colaboración con el *Open Geospatial Consortium*.

Según la norma ISO 19101 (ISO/TC 211, 2014), para lograr la interoperabilidad de estos sistemas corporativos en el ámbito de la información geográfica es necesario que dispongan de las siguientes capacidades:

- De localización de la información y las herramientas de proceso.
- De entender y usar la información localizadas.
- Para desarrollar entornos de proceso para uso comercial sin restricciones de la oferta única en el mercado.
- Implantar infraestructuras de información y procesamiento para servir a los distintos tipos de negocio.
- Promover un mercado libre de competencia entre los consumidores

Como podemos observar, tanto la legislación y como las normas no sólo están para dirigir el funcionamiento interno de los sistemas, sino que promueven el uso de la información por parte del sector privado con el objetivo de fortalecer el uso de la información geográfica en todos los ámbitos. La falta de interoperabilidad es un obstáculo importante para el progreso en el mercado único digital. La utilización del EIF para dirigir las iniciativas europeas de interoperabilidad contribuye a crear un entorno interoperable europeo coherente y facilita la prestación de servicios que funcionen conjuntamente en las distintas organizaciones o ámbitos (Comisión Europea, 2017) .



# 3

## Análisis del funcionamiento de diferentes SIG corporativos

El objetivo de este capítulo es llevar a cabo una revisión de los instrumentos utilizados para gestionar la información geográfica que poseen los gobiernos para la toma de decisiones y el desarrollo de sus políticas territoriales. La evaluación se va a centrar en conocer la organización, el funcionamiento y los componentes de la infraestructura dedicada a la gestión de la IG en su uso tanto interno (hacia las diferentes unidades del propio gobierno) como externo (con otras administraciones y los usuarios externos). La plataforma que sustenta esta gestión unas veces se denomina SIG corporativo y otras, ofreciendo características similares, es conocida como una IDE. Dado que existe una gran confusión entre estos dos conceptos tanto en la literatura como en la aplicación práctica de diferentes proyectos, en este trabajo hemos considerado oportuno revisar distintos tipos de iniciativas con el fin de detectar qué tienen en común y cuales son las diferencias. Una vez hecho esto, podremos sacar conclusiones sobre el instrumento escogido para producir, almacenar, gestionar y distribuir los datos cartográficos.

En la mayor parte de los países desarrollados, los datos geográficos han sido tradicionalmente producidos, gestionados y difundidos por organismos pertenecientes a las administraciones públicas. En los últimos años, han hecho su aparición productores privados (Google o NavTech son un ejemplo) junto con diversas comunidades participativas como OpenStreetMap. En cualquier caso, tanto la cartografía oficial como los datos geográficos necesarios para la toma de decisiones se gestionan en los propios gobiernos a través de sus agencias. Tan y como se ha visto en capítulos anteriores, estas agencias funcionan en diferentes niveles de gobierno, cubriendo desde la administración local hasta los gobiernos nacionales.

Vamos a centrar nuestra propuesta en el nivel de gobierno sub-nacional, también denominado regional, si bien en ciertos países este nivel está formado por las provincias o estados, como ocurre en los gobiernos federales. Según (Masser, 2009), en la evolución que se está produciendo en las infraestructuras de datos espaciales, uno de los aspectos que diferencia a las IDEs actuales (3ª generación) de las desarrolladas en la generación anterior es el papel preponderante que juegan los sistemas de información geográfica regionales. Estos SIG, que funcionan como una herramienta corporativa más, se han posicionado claramente como piezas sustanciales para la buena marcha de la IDE gubernamental. A lo largo de esta investigación intentaremos corroborar esta hipótesis.

Para realizar la valoración de los SIG implantados, vamos a proceder con un análisis de los referentes metodológicos existentes para evaluar el funcionamiento de este tipo de herramientas. Después seleccionaremos los indicadores que nos permitan conocer el funcionamiento y la dimensión del sistema de información elegido, y siguiendo estos indicadores, procederemos a

analizar cada caso de estudio. Para finalizar realizaremos un análisis comparativo que nos sirva para plantear qué aspectos cabe destacar en cada uno de ellos, además de conocer el comportamiento de cada componente y sacar conclusiones para el diseño que se proyecta en este trabajo.

### 3.1 Referentes metodológicos

Con el fin de describir, analizar y evaluar la implantación y funcionamiento de estos SIG corporativos y/o IDEs en diferentes tipos de organizaciones gubernamentales en diversos emplazamientos, hemos estudiado los siguientes trabajos o metodologías:

- Trabajo basado en la realización una gran encuesta y posterior elección de indicadores, definido dentro del proyecto eSDI-Net+ Network (Rix, Fast, Masser, Salgé, & Vico, 2011).
- La utilización de una estructura flexible que contiene en múltiples vistas (*Multi-view assessment*) de un mismo sistema que se valoran de forma simultánea (Grus, Crompvoets, Bregt, Van Loenen, & Delgado Fernández, 2008).
- Mediante la valoración cualitativa, a partir de entrevistas, de los diferentes aspectos de un sistema de información (Warnest, 2005).
- A través de encuestas web repetidas cada seis meses para medir diferentes características de los repositorios de información geográfica o *clearinghouses* (Crompvoets et al., 2004).

De entre todas estas metodologías, nos ha parecido especialmente interesante la que se utiliza en INSPIRE (Vandenbroucke, Crompvoets, & Janssen, 2010), recogida en informes llamados State of Play y que también ha sido secundada en otros lugares como Nueva Zelanda (New Zealand Geospatial Office, 2012) o en el continente africano (Makanga & Smit, 2010). La Comisión Europea usa estos informes para valorar la implantación de la Directiva en los diferentes países miembros. También se ha usado en algunos trabajos la evaluación de las IDEs regionales (Craglia & Campagna, 2009).

En el año 2002, la Comisión Europea puso en marcha un estudio llamado *Status of the National Spatial Data Infrastructures in Europe, a State of Play*, que cubría el periodo entre 2002 y 2005 (extendido hasta 2007) y que resultó muy útil para describir, realizar el seguimiento y analizar las actividades relacionadas con las IDEs en 32 países europeos. El estudio recoge información sobre las IDEs nacionales en Europa según los componentes descritos en el *SDI Cookbook* (Nebert, 2004). Se estableció una lista de indicadores para evaluar las IDE a nivel organizativo, legal, financiero y técnico. Desde esta perspectiva, el informe hace una aproximación genérica (Vandenbroucke, Janssen, & Van Orshoven, 2008). Ahora bien, cabe señalar que la mayoría de los indicadores no son cuantitativos, permiten medir la "distancia a la meta", es decir, el grado de desarrollo en comparación con la situación "ideal" descrita en el *SDI Cookbook*. Por otro lado, algunos indicadores no tenían por objeto medir, sino clasificar las IDEs según su enfoque organizativo.

Los autores de este estudio decidieron que, mejor que trabajar con un cuestionario o una encuesta, sería aplicar un estudio desde la distancia y con una aproximación paso a paso. La

razón de este enfoque fue la suposición de que la riqueza y la variedad del desarrollo de la IDE podría captarse mejor a través de un estudio externo que por medio de una encuesta relativamente estática. No estaban interesados únicamente en el 'qué', sino también en 'cómo' están actuando las personas, las organizaciones, el estado, etc. para captar parcialmente los aspectos culturales y sociales que ayuden entender mejor el proceso (Vandenbroucke et al., 2008).

La elección de indicadores se llevó a cabo en varias fases. En un primer momento, se eligieron cerca de 30; después de una primera valoración y tras visitar 9 países, se corrigieron estos indicadores y se determinó la lista final de los mismos, agrupados por componentes:

La elección de indicadores se realizó en varias fases. Se eligieron cerca de 30 en un primer momento. Después de una primera valoración y visita a 9 países, se retocaron estos indicadores y se determinó la lista final de los mismos, agrupados por componentes:

- Organización y coordinación (7)
- Marco legal y financiación (9).
- Datos (6).
- Metadatos (3).
- Servicios en red (3).
- Normas y estándares (1).
- Datos temáticos medioambientales (1).

El enfoque y la metodología aplicados en el estudio INSPIRE SoP se basa en consideraciones pragmáticas, teniendo en cuenta la viabilidad de llevar a cabo el estudio durante varios años, con un presupuesto limitados. El uso de indicadores pretende articular y organizar la información (ya estructurada) en los informes de cada país en un formato que permita una evaluación directa de los resultados (Vandenbroucke et al., 2008). En una revisión realizada posteriormente, (Janssen & Vandenbroucke, 2006) analizan las fortalezas y debilidades de la metodología (tabla 3-1) original, así como de la revisión que tuvo lugar en 2006 para alinear este tipo de informes con el seguimiento determinado en la Directiva INSPIRE.

Fortalezas	Debilidades
Opinión general sobre el estado de las IDE	Necesidad de interpretación de la información "cruda".
Comparabilidad del desarrollo de las IDEs a nivel europeo	No hay cuantificación (ni a nivel de indicador, ni en la evaluación).
Detección de cambios con el tiempo	Los umbrales para concordar con un cierto indicador son bastante bajos.

Tabla 3-1 Visión general de las fortalezas y debilidades de los informes SoP de INSPIRE (Janssen & Vandenbroucke, 2006)

A modo de conclusión, cabe considerar esta metodología adecuada para observar el desarrollo de una IDE, detectar sus cambios y obtener una visión del estado de desarrollo en general, si la comparamos con otras. No es un método cuantitativo ni los indicadores son homogéneos, por lo tanto, no ofrece datos fácilmente interpretables.

### 3.2 Selección de indicadores

En el caso de nuestro trabajo, tenemos la intención de obtener una visión general del estado de desarrollo de los instrumentos utilizados para la gestión de la información geográfica dentro de entidades gubernamentales, y para ello, podemos utilizar esta metodología aplicando algunos ajustes para que se pueda centrar en la utilización interna de la información por parte del organismo gestor. Al efectuar estos ajustes a los indicadores definidos en el SoP de INSPIRE, vamos a poder conocer el funcionamiento de los componentes internos, que, por otro lado, son más propios de un SIG corporativo que de una IDE. Para ello hemos añadido a los grupos de indicadores antes mencionados, un nuevo componente denominado **Coordinación intra-gubernamental**, que ya está presente en el informe de evaluación de la IDE neozelandesa (New Zealand Geospatial Office, 2012), con el que se pretende conocer el grado de implicación del sistema con otras iniciativas del gobierno. Además de éste, se ha introducido algún indicador más en los grupos ya existentes en SoP, como los mecanismos de evaluación y seguimiento, la medición de la calidad de los datos, la existencia de comunidades de usuarios y el uso de aplicaciones corporativas. Con estas últimas incorporaciones queremos perfeccionar la medición de aspectos más relacionados con la organización interna de los datos y su integración en aplicaciones corporativas, además de analizar la existencia de comunidades de usuarios que actúan unidas para solicitar la incorporación de datos o capacidades al sistema.

El listado completo de indicadores que vamos a usar es el siguiente:

<b>Organización y coordinación</b>
<b>Órgano de coordinación:</b> órgano o entidad que asume los trabajos de coordinación, dirección y gestión del sistema de información.
<b>Documento de referencia:</b> instrumento que perfila las líneas estratégicas a seguir para el funcionamiento del sistema de información.
<b>Operatividad:</b> nivel de funcionamiento del sistema de información respecto a las especificaciones previstas en su implantación.
<b>Comunidades de usuarios:</b> existencia de comunidades de usuarios internos o externos.
<b>Evaluación y seguimiento:</b> mecanismo para la monitorización del funcionamiento del sistema de información.
<b>Coordinación intra-gubernamental</b>
<b>Órgano de coordinación interno:</b> existencia de un órgano o departamento que asuma la dirección del sistema de información en sus labores corporativas.
<b>Coordinación con otras iniciativas de gobierno:</b> cómo se integra con otras iniciativas gubernamentales que utilizan la información geográfica
<b>Marco legal y financiación</b>
<b>Instrumento legal:</b> que regule la creación y funcionamiento del sistema de información:
<b>Instrumento de financiación:</b> forma estable de financiación del sistema de información.
<b>Política de acceso a datos:</b> definición del uso de la información y el acceso a los servicios.
<b>Medida del impacto económico y social:</b> documento o instrumento que permita medir la repercusión del sistema de información en las políticas.
<b>Datos</b>
<b>Producción normalizada:</b> instrumento que regule la producción de datos de forma normalizada.

<b>Especificaciones de producto:</b> establecimiento de modelos de datos que favorezcan la interoperabilidad.
<b>Determinación de conjuntos de datos fundamentales:</b> definición de los conjuntos de datos espaciales básicos para el funcionamiento del gobierno.
<b>Medición de la calidad de los datos:</b> instrumento que mida la calidad de la información.
<b>Metadatos</b>
<b>Disponibilidad:</b> existencia de metadatos accesibles para todos los usuarios.
<b>Acceso a los datos:</b> utilidades para la consulta de los metadatos y el acceso a los datos.
<b>Arquitectura tecnológica</b>
<b>Servicios web:</b> existencia de servicios de información geográfica interoperables.
<b>Descarga de datos:</b> disponibilidad de uso de los datos en otros sistemas.
<b>Aplicaciones web:</b> utilidades para visualizar, consultar y transformar datos.
<b>Aplicaciones corporativas:</b> uso de utilidades internas para facilitar el manejo de los datos geográficos.
<b>Normas y estándares</b>
<b>Nivel de uso de los estándares:</b> para compartir la información geográfica.
<b>Normas de funcionamiento:</b> normas internas para el uso de los datos dentro de la corporación.

Tabla 3-2 Indicadores utilizados en la evaluación de los sistemas de información.

### 3.3 Elección de casos de estudio.

Con la denominación de SIG corporativo, existen muchas iniciativas, pero para valorar si es preceptivo su estudio en este trabajo, hemos determinado una serie de características que deberían cumplir, pues en este entorno de los sistemas de información geográfica, gran parte de los proyectos implantados no funcionan como deberían, debido a la infrautilización de sus verdaderas posibilidades.

#### 3.3.1 Criterios de selección aplicados

Las características valoradas para identificar los sistemas a evaluar en este trabajo, y que coinciden con los rasgos definidos en el primer capítulo, son las siguientes:

- Gran volumen de información a gestionar.
- Sistemas departamentales (o unidades de negocio) dependientes del sistema principal.
- Implicación de las unidades departamentales en la coordinación del núcleo principal.
- Determinación de normas de organización y funcionamiento.
- Difusión de los datos al exterior de la organización.

Cuando se busca información referente a la implantación de SIGs corporativos, la mayor parte de la literatura existente hace referencia a trabajos en Canadá, Australia y Estados Unidos, que fueron los primeros países en los que este concepto comenzó a utilizarse. En el resto de países, que empezaron a implantar proyectos de este tipo principalmente a partir del año 2000, ya se habla de IDE, aunque realmente se refiere a sistemas corporativos. En la época actual es difícil encontrar SIGs corporativos que se denominen como tal, por tanto, hay que señalar que alguno

de los sistemas estudiados se denominan IDE, a pesar de que su funcionamiento se ajusta más al SIG corporativo que definimos al inicio de este trabajo.

En un principio también se pensó en evaluar el funcionamiento de sistemas corporativos de índole privado, ubicadas en grandes empresas que gestionan sus activos en vastos territorios. La búsqueda de literatura sobre estos sistemas resultó poco fructífera, puesto que no había prácticamente ningún tipo de documentación que permitiera conocer su funcionamiento. Al estar instalados en grandes corporaciones, es fácil deducir que éstas no facilitan sus características para dar evitar dar pistas a la competencia. La escasa bibliografía al respecto sólo resaltaba los aspectos positivos por lo que no se consideraron aptas para este estudio.

Por lo tanto, centrados ya en sistemas ubicados en administraciones públicas, el objetivo es acercarnos a un nivel gubernamental que tenga que aproximar sus políticas al territorio y con diferentes necesidades de gestión en función las competencias que tengan. De esta manera, se busca que haya diferentes departamentos que utilicen los datos geográficos con frecuencia, para así valorar la coordinación y el intercambio de información entre ellos.

En los primeros capítulos de este trabajo ya se anuncia que el objeto del mismo es el estudio de sistemas corporativos con un ámbito territorial regional. También se explica el motivo de esta elección dado que es un tamaño muy apropiado para disponer de diferentes unidades de negocio adaptadas a las competencias de gestión de esa administración. Más que por el tamaño del territorio que gestionan se escoge por el tipo de administración y las competencias que se desarrolla en el mismo. Por tanto, la idea es elegir regiones en países con gobiernos federales o similares, en los que el estado tiene distribuida muchas competencias en el nivel de gobierno sub-nacional. Y aquí es donde el desarrollo de una herramienta corporativa es fundamental para el desarrollo y aplicación de las políticas de gobierno.

Para algunos autores (Rajabifard, Binns, Masser, & Williamson, 2006; Rix et al., 2011; Sadeghi-Niaraki, Rajabifard, Kim, & Seo, 2010), en este nivel de gobierno el desarrollo de las IDEs ha sido más tardío, pero su operatividad es mayor. La implantación de las infraestructuras de datos espaciales se remonta veinte años atrás, pero realmente no despega hasta hace unos diez años. Desde entonces ha sufrido una considerable transformación debido, fundamentalmente a dos acontecimientos trascendentales: el primero de ellos es la difusión acelerada de IDEs en todo el mundo durante los últimos diez años; y el segundo acontecimiento es el cambio en el énfasis que ha tenido lugar en la segunda generación de IDEs nacionales (estratégicas) a IDEs sub-nacionales en funcionamiento (Masser, 2009). Una gran parte de estos autores declaran que las IDEs sub-nacionales juegan el papel muy importante en el desarrollo de la tercera generación de infraestructuras de datos espaciales que están creando más y nuevas oportunidades para el sector privado.

### 3.3.2 Sistemas seleccionados

Teniendo en cuenta las premisas anteriores, se han elegido dos sistemas correspondientes a regiones españolas, otros cinco sistemas pertenecientes a otras regiones de países avanzados (tres en Europa, uno en Australia y otro en Canadá) y un sistema implantado a nivel nacional que, por su particularidad, se asemeja al objeto de estudio de este trabajo.

Se han elegido países en los que el estado o región tiene administración propia y, por consiguiente nos encontramos con un gobierno que necesita información para la toma de decisiones. Entre los países con gobiernos más centralizados como Francia o Inglaterra, se ha elegido un SIG en el norte de Francia para incluir, a mayores, una iniciativa en un país con competencias más centralizadas en el gobierno de la nación

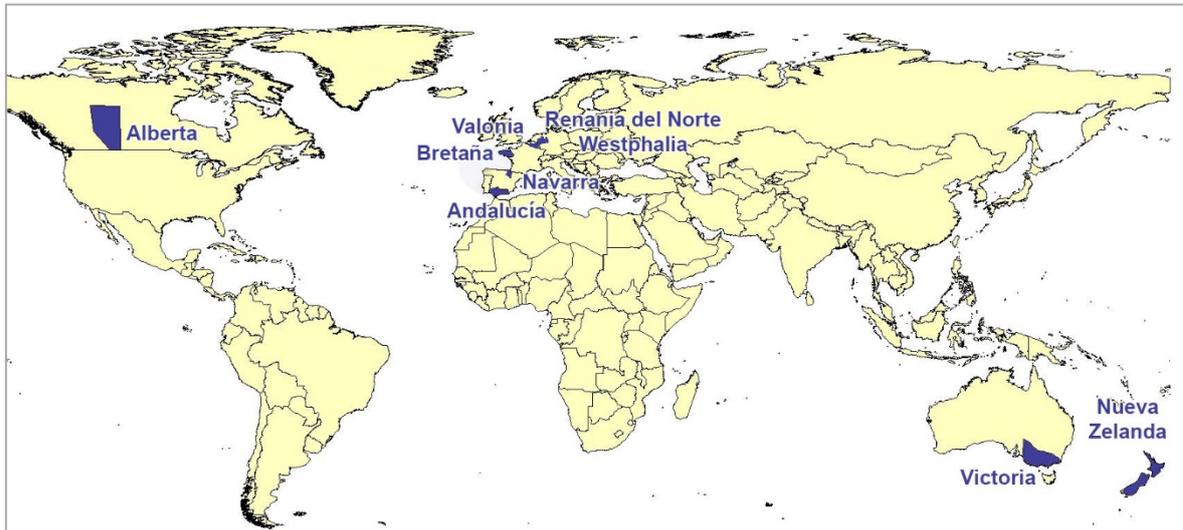


Figura 3-1 Mapa con la situación de las regiones elegidas para su estudio y valoración

En el caso de nuestro país, las dos regiones seleccionadas cuentan con un SIG corporativo funcionando con las características que hemos enumerado. Hay otras regiones más avanzadas en la producción de datos, pero en las cuales su administración no dispone de una plataforma corporativa de gestión de la información geográfica. **Andalucía** fue pionera a nivel nacional con su sistema de información ambiental en los años 80 y **Navarra** es un ejemplo de coordinación intra-gubernamental.

La elección del estado de **Victoria** (Australia) estaba clara desde el principio. Pertenece a unos de los países más avanzados a nivel de gestión de información geográfica y dentro de éste, el gobierno de Victoria apostó hace muchos años por los sistemas de información geográfica. En contrapunto a esta elección, se ha seleccionado la provincia canadiense de, **Alberta**. Canadá también lleva muchos años gestionando los datos geográficos, pero sus provincias (que es semejante a una región) disponen de unos sistemas de información con poca operatividad, ya que el gobierno nacional les proporciona las funcionalidades que necesitan para ejercer sus competencias.

En cuanto a países europeos con gobiernos descentralizados, nos encontramos con Alemania y Bélgica que disponen de gobiernos regionales con amplias competencias. Se ha elegido una región de cada uno de estos países. Cualquiera de las tres regiones belgas dispone de iniciativas potentes, puesto que su IDE nacional está sustentado en las regiones. Se ha escogido **Valonia** por disponer de más documentación para su análisis. En el caso de Alemania, el *land* de **Renania del Norte-Westfalia** lleva trabajando muchos años y ha participado en varios proyectos de interoperabilidad con otras regiones europeas. Para estudiar un sistema de ámbito regional en un país más centralizado como es Francia, se ha escogido **Bretaña**, aunque todos los sistemas

regionales son parecidos. En este caso hay una comunidad de usuarios interesante participando en él y también destaca por el número de organismos colaboradores.

En este estudio no queríamos dejar fuera a uno de los países con más experiencia en el campo de la gestión de la información geográfica, como es el caso de Nueva Zelanda. Viendo el tamaño del país y la heterogeneidad de su nivel de gobierno regional, que se asemeja a los gobiernos municipales europeos, hemos decidido estudiar el LINZ (*Land Information of New Zealand*). Es un sistema de información a nivel nacional, que funciona para varias áreas del gobierno y de él depende la IDE.

### 3.4 Valoración de los SIGs corporativos en funcionamiento

Una vez identificados estos sistemas, haremos un análisis más pormenorizado de cada uno de ellos a partir de sus componentes y funcionalidades. Dicha evaluación se ha basado principalmente en el estudio de planes y documentos estratégicos de las diferentes iniciativas, apoyada por la consulta en diversos sitios web, artículos científicos y referencias de proyectos fácilmente accesibles.

#### 3.4.1 Valonia (Bélgica)

El desarrollo de las IDEs en Bélgica se caracteriza por la fuerte dimensión regional de este país (Craglia & Campagna, 2009). Al estar dividido en tres regiones, los gobiernos a este nivel tienen asumidas numerosas competencias. No en vano el país está dividido en dos sociedades, con lengua y cultura diferenciadas. La tercera región se corresponde con el área metropolitana de la capital, Bruselas, que actúa como elemento integrador. Cualquiera de las dos principales regiones, Flandes y Valonia, nos hubieran servido indistintamente como caso de estudio. Hemos elegido esta última por disponer de más documentación para estudiar, pero el desarrollo de ambas es similar.

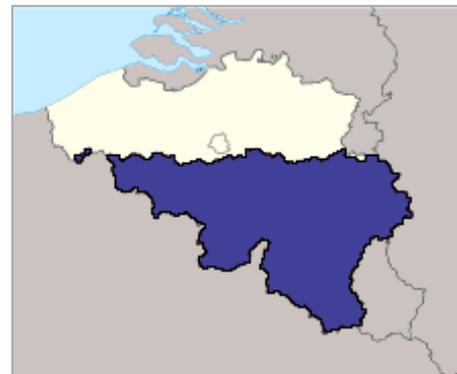


Figura 3-2 Situación de la región de Valonia en el contexto de su país.

En 1999, el *Contrat d'Avenir pour la Wallonie*, un informe sobre las políticas regionales a seguir por el Gobierno de Valonia, ponía de manifiesto la intención de este gobierno de poner la totalidad de los datos espaciales a disposición de todos los usuarios de la región, como factor de desarrollo de la economía de su territorio. Años más tarde, en 2003, se puso en marcha el proyecto *InfraSIG* con la misión principal de aglutinar y dar accesibilidad a la información geográfica. Sus primeros contenidos fueron los metadatos de esta información recopilada. Dos años más tarde, empiezan a dotar de interoperabilidad a estos datos utilizando la herramienta

de modelado *INTERLIS*. En la actualidad, el acceso a los datos y documentación sobre esta iniciativa se denomina *Géoportail de la Wallonie*<sup>10</sup>.

El desarrollo de la implantación de *InfraSIG* se basó en cuatro pilares:

- Un pilar organizacional, que contemplaba la coordinación de la IDE, definía los actores y buscaba la concienciación de los usuarios.
- Un pilar técnico, con metadatos, datos de referencia y datos temáticos, junto con procedimientos de modelado y actualización.
- Un pilar legal, que proporcionaría un modelo de licencias estandarizado para el acceso a los datos.
- Un pilar socio-económico, que preveía un análisis de los costos, del mercado y sobre el uso de la información geográfica.



Figura 3-3 Página de consulta de datos del Géoportail de la Wallonie (<http://geoportail.wallonie.be/catalogue-cartes>)

## Organización y coordinación

El *Comité Stratégique de la Géomatique* (CSG). es el órgano que tiene por objeto coordinar la producción y la difusión de datos geográficos en la región. Está presidido por la Secretaria General del Servicio Público de Valonia, e incluye hasta 20 miembros de pleno derecho, ocho representantes del gobierno regional, dos representantes de organizaciones de interés público, dos representantes de las autoridades locales, una representante de los centros de emergencias y dos representantes de los operadores de red. Además, se nombran cinco miembros más escogidos entre las instituciones más activas en el campo de la geomática en Valonia.

El documento de referencia de esta iniciativa es el *Plan Stratégique Géomatique pour la Wallonie* (Département de la Géomatique, 2014), aprobado por el gobierno valón el 8 mayo de 2014. Este documento tiene como objetivo básico marchar qué dirección va a tomar la administración regional en relación a la geomática. Incluye disposiciones para la infraestructura de información

<sup>10</sup> <http://geoportail.wallonie.be/>

geográfica valona (*InfraSIG*) en relación a los aspectos transversales de la geomática, la calidad y fiabilidad de los datos geográficos, junto con la promoción y la difusión de la geomática entre la ciudadanía. Está dividido en 4 líneas estratégicas:

- **Aumentar la conciencia sobre la geomática:** promover una comunicación efectiva con el público en general, los políticos, las empresas, los productores de datos geográficos y otras partes interesadas.
- **Crear un marco común para la producción de datos geográficos:** para garantizar una producción de datos geográficos de calidad, que sean interoperables y estén bien documentados para facilitar su intercambio y su desarrollo, garantizando resultados de calidad y permitiendo incluir la geomática en el núcleo de decisiones públicas y privadas.
- **Organizar el intercambio de datos geográficos:** A través de la definición de una visión estratégica para la política de intercambio de datos públicos y la implementación de la infraestructura de intercambio.
- **Desarrollo de un modelo de gobierno geomático:** estableciendo un marco general para la cooperación bajo la dirección del Comité Estratégico de Geomática.

En la fase de redacción de este documento, se contó con la colaboración de la comunidad de usuarios. Primero se les pidió la opinión sobre los servicios disponibles y luego se les instó a contribuir con ideas que acabaron recogidas en el plan. En la actualidad, podemos encontrar en el geoportal un listado de empresas y organismos reconocidos como actores en esta iniciativa.

Esta estrategia está en proceso de implantación, por lo tanto, muchas de las determinaciones que contiene todavía no están operativas. Por ejemplo, los mecanismos de evaluación y seguimiento de su funcionamiento no están disponibles entre toda la documentación a la que se permite acceder en su geoportal.

### **Coordinación intra-gubernamental**

Los aspectos de funcionamiento interno y de relación entre las diferentes unidades del gobierno regional se contemplan en el documento estratégico. Tampoco se recogen aplicaciones o iniciativas que nos permitan entrever o adivinar esa coordinación en los trabajos.

### **Marco legal y financiación**

El decreto<sup>11</sup> sobre la infraestructura de información geográfica de Valonia (2010) proporciona un marco legal para fomentar el uso además de maximizar la utilidad de los datos geográficos bajo la dirección del Comité Estratégico de Geomática. Denominado decreto *InfraSIG*, es el instrumento legal que rige la IDE regional, transpone las obligaciones de la Directiva INSPIRE y a través del Plan Estratégico Geomática de Valonia, determina las líneas a seguir en este campo. Tanto el plan operativo anual (financiación) como la política de acceso a los datos, que aparecen

---

<sup>11</sup> Décret relatif à l'infrastructure d'information géographique wallonne (M.B. du 03/02/2011, p. 9155): <https://wallex.wallonie.be/PdfLoader.php?type=doc&linkpdf=19297-20294-12544>

recogidos en el decreto, se encontraban en fase de redacción en el momento en que realizamos esta aproximación.

## Datos

En Valonia, son escasos los conjuntos de datos espaciales que producen las autoridades locales (Craglia & Campagna, 2009). Por lo tanto, la mayor parte de la producción de datos se realiza a nivel regional, para, más tarde, ponerla a disposición de las autoridades locales a través del Geoportal. En 1991 se inició el primer plan de producción de cartografía digital denominado *Projet Informatique de Cartographie Continue* (PICC) para cubrir el territorio con una base topográfica que incluyera datos catastrales e información urbanística (El Osta, Heymans, & Paquet, 1998). Este proyecto fue la base para el posterior desarrollo de InfraSIG y contemplaba requisitos de calidad de los datos.

Se realizó un gran esfuerzo de modelado de datos en las primeras etapas de implantación del proyecto, aunque el sistema no presenta un nivel muy desarrollado en relación al número de conjuntos de datos. Tienen definidos 7 temas como prioritarios, pero no utilizan el concepto de datos fundamentales como ocurre en otras iniciativas.

## Metadatos

Fue el primer componente de la infraestructura. En estos momentos tienen definido un perfil de la norma ISO 19115 y disponen de herramientas propias y documentación para la elaboración de los mismos. El catálogo se denomina METAWAL y permite un acceso muy intuitivo a los datos, tanto para su descarga como para acceder a servicios web.



Figura 3-4 Visor de información geográfica WallOnMap (<http://geoportail.wallonie.be/walonmap>).

## Arquitectura tecnológica

La infraestructura tecnológica está diseñada según los preceptos de INSPIRE utilizando servicios web. Dispone de una gran cantidad de dichos servicios que, a diferencia de otros casos,

pone a disposición de los usuarios ofreciéndoles una gran variedad de servicios de transformación y procesamiento.

La aplicación web *WallOnMap*, para la visualización y consulta de información, es realmente interesante y destaca por la usabilidad en el manejo de las capas cartográficas. Para el uso de los datos en las aplicaciones corporativas, ofrece una API de desarrollo que permite integrar la información geográfica en aplicaciones de gestión.

### Normas y estándares

Desde sus inicios, la preocupación por dotar de interoperabilidad ha llevado a esta iniciativa a gozar de una correcta aplicación de los estándares. Quizá se echa en falta la presencia de unas normas de funcionamiento ya que éstas solo están publicadas en relación a la elaboración de metadatos.

### Resumen

Como gran parte de las iniciativas europeas, este caso de estudio se desarrolla al mismo tiempo que empiezan los trabajos de INSPIRE. Ya se disponía de una buena base de información geográfica y se implementa la solución corporativa *InfraSIG* y la IDE de manera consecutiva. Los aspectos tecnológicos y organizativos se encuentran en un aceptable nivel de desarrollo. Los demás aspectos a mejorar ya están previstos en su plan estratégico y alguno de ellos ya se puede confirmar que está proceso de redacción (planes operativos, elaboración de especificaciones de datos y adaptación de la información a estas normas).

#### 3.4.2 Renania del Norte - Westphalia (Alemania)

La estructura de gobierno en Alemania presenta tres niveles distintos de la autoridad pública: local, regional y nacional. La producción y difusión de la información geográfica se hace mayoritariamente en el nivel intermedio, como corresponde a un estado federal. Cada uno de los 16 estados federales (*land*) dispone muchas competencias a nivel de gobierno, por lo tanto, la necesidades de datos territoriales es considerable. Los estados tienen competencias en catastro, bases topográficas e información del territorio en general. Aunque disponen de agencias para proporcionar estos servicios, los datos están armonizados en todo el país pues utilizan los mismos modelos de datos (ALKIS para catastro y ATKIS para la topografía). Esta estructura ejerce una influencia considerable en el desarrollo de las IDE en Alemania, puesto que los gobiernos regionales disponen de grandes departamentos y agencias que conforman diferentes nodos IDE coordinados a nivel estatal (Craglia & Campagna,



Figura 3-5. Localización de Renania del Norte-Westfalia en el contexto de su país.

2009). También cuentan con una infraestructura de datos espaciales de ámbito nacional sin contenido propio que engloba a las IDEs de los estados federales, ejerciendo una función coordinadora.

En esta región del noroeste alemán decidió apostar por una solución descentralizada para la gestión de la información geográfica. En enero del año 2000 el gobierno regional encarga el diseño del modelo de referencia de una infraestructura de datos espaciales (GDI-NRW) con el objetivo principal de poner los datos territoriales a disposición de todos los usuarios para desarrollar el mercado de la información geográfica (Kuhn et al., 2000). Este proyecto se integra en la denominada Iniciativa de Software NRW. Con esto se pretende conectar usuarios, facilitadores de servicios, integradores, productores de datos y proveedores de infraestructura. Un total de 1300 empresas del sector de las tecnologías de la información, principalmente, y un buen número de centros de investigación demandaban esta iniciativa y su éxito dependerá, en gran parte, de una óptima gestión de la demanda de productos y servicios de información geográfica.

### Organización y coordinación

El órgano que gestiona esta infraestructura es una comisión interministerial, denominada IMA GDI.NRW<sup>12</sup>, creada a finales de 2004 para coordinar las actividades relacionadas con la información geográfica del gobierno del estado y contribuir a la construcción de la Infraestructura de Datos Espaciales de Alemania (GDI-DE). Es un órgano compuesto por un representante de cada departamento los tres representantes de las asociaciones de autoridades locales, y tres representantes del sector empresarial. Estos últimos asisten en calidad de invitados.

Cuatro años antes se elaboró un documento que se convertirá en el modelo de referencia para el desarrollo de la IDE, basado en las especificaciones de OGC (Kuhn et al., 2000). Este documento funciona como una guía que deben seguir todos aquellos organismos o entidades públicas que quieran incorporarse a la IDE regional. Con el fin de demostrar la aplicabilidad del modelo de referencia, el *GDI NRW Testbed 1.0* se lanzó en 2001 en los ocho departamentos que integraban el proyecto. Este banco de pruebas demostró cómo a través del uso de especificaciones abiertas, los servicios de información geográfica de diferentes proveedores de servicios pueden interactuar, creando un valor añadido a la información.

El sector empresarial, además de estar representado en el comité de gestión, ha constituido un foro de debate denominado GeoIT NRW<sup>13</sup>, que funciona como una agrupación abierta e informal a la que asisten también las instituciones relacionadas con la investigación y la administración en la región. Este grupo se constituye como una comunidad de usuarios que discute y elabora propuestas para ayudar al mejor desarrollo de la IDE en la región, para reducir las barreras en el uso de los datos geográficos y sobre todo, para revitalizar el mercado de la geoinformación.

---

<sup>12</sup> <https://www.geoportal.nrw/ima-gdi-nrw>

<sup>13</sup> [https://www.geoportal.nrw/geoit\\_round\\_table](https://www.geoportal.nrw/geoit_round_table)

## Coordinación intra-gubernamental

Al mismo tiempo que se pensaba en la implantación de la IDE, se estaba poniendo en marcha otro proyecto denominado GEOBASIS.NRW que nació con el objetivo de integrar la información manejada por los municipios sobre la base ALKIS (datos catastrales). A nivel regional, quedarían integrados el catastro y las bases topográficas (ATKIS), constituyendo así la información geográfica de referencia (Brüggemann & Liebig, 2000; Craglia & Campagna, 2009). Este proyecto comparte con la IDE el modelo de referencia para asegurar la interoperabilidad de los sistemas en la región.

A lo largo de estos años, los diferentes organismos del gobierno regional han desarrollado soluciones propias para la gestión y difusión de la información geográfica. Todas ellas están coordinadas por la IMA GDI.NRW. Algunas de estas soluciones son:

- TIM-online (información cartográfica): [www.tim-online.nrw.de](http://www.tim-online.nrw.de)
- Geoportal de valoración de suelo: [www.boris.nrw.de/](http://www.boris.nrw.de/)
- Gestión hidrológica: [www.elwasweb.nrw.de/](http://www.elwasweb.nrw.de/)
- Datos ambientales: [www.uvo.nrw.de/](http://www.uvo.nrw.de/)

## Marco legal y financiación

El estado dispone de una ley que ampara el funcionamiento de la IDE. Se trata de la Ley de Acceso a datos geográficos digitales de Renania del Norte-Westfalia aprobada en 2009, que establece el marco legal para definir el acceso y uso de los datos espaciales, servicios de información geográfica y los metadatos de toda la información que producen los organismos de la región. No concreta ningún mecanismo de financiación, por lo que se puede suponer que la IDE está financiada por los diferentes organismos que la componen. Lo que sí estipula es la realización de un informe de evaluación anual que determine su grado de cumplimiento.

Como ya se indicó al, uno de los objetivos principales de esta iniciativa era la revitalización del sector empresarial de las tecnologías relacionadas con la información. En la fase de desarrollo del proyecto se realizó en la región un estudio de mercado a este respecto (Fornfeld & Oefinger, 2001). Este trabajo determinaba que “si se establecen las condiciones adecuadas, se logrará implantar un sector estable de actividad relacionado con la información geográfica con puestos de trabajo cualificados a finales de 2003. El mercado de datos geoespaciales tanto en esta región como en el resto del país, no estaba suficientemente desarrollado en ese momento. Solo se llegaba al 15% del volumen de mercado que se podría alcanzar.”

Unos años más tarde se volvió a realizar un estudio similar y se comprobó que tras la implantación de la IDE, el mercado de la geo-información había crecido al menos un 50% (Fornfeld, Boele-Keimer, & Gasper, 2008).

### Datos

Una característica importante de este caso de estudio son los fuertes lazos que existen entre la organización del estado y los municipios de la región. En un principio, los gobiernos locales eran responsables de la captura y mantenimiento de la información catastral. Con la entrada en funcionamiento de GEOBASIS.NRW y de la IDE, siguen teniendo responsabilidad en esas tareas, pero la información está centralizada y es accesible para todos (Brüggemann & Liebig, 2000).

En cuanto a especificaciones de producto de datos, están muy definidas las relativas a la información de referencia (base topográfica y catastro) pero para el resto de temas, no se encontraron documentos que determinen estos modelos de datos.

### Metadatos

La elaboración de metadatos está coordinada entre los municipios y las agencias del gobierno regional, El catálogo de la GDI-NRW engloba los registros del resto de catálogos, pero cada departamento tiene la posibilidad de gestionar los metadatos de su información con otros catálogos. Se dispone de herramientas y documentación para realizar esta tarea.

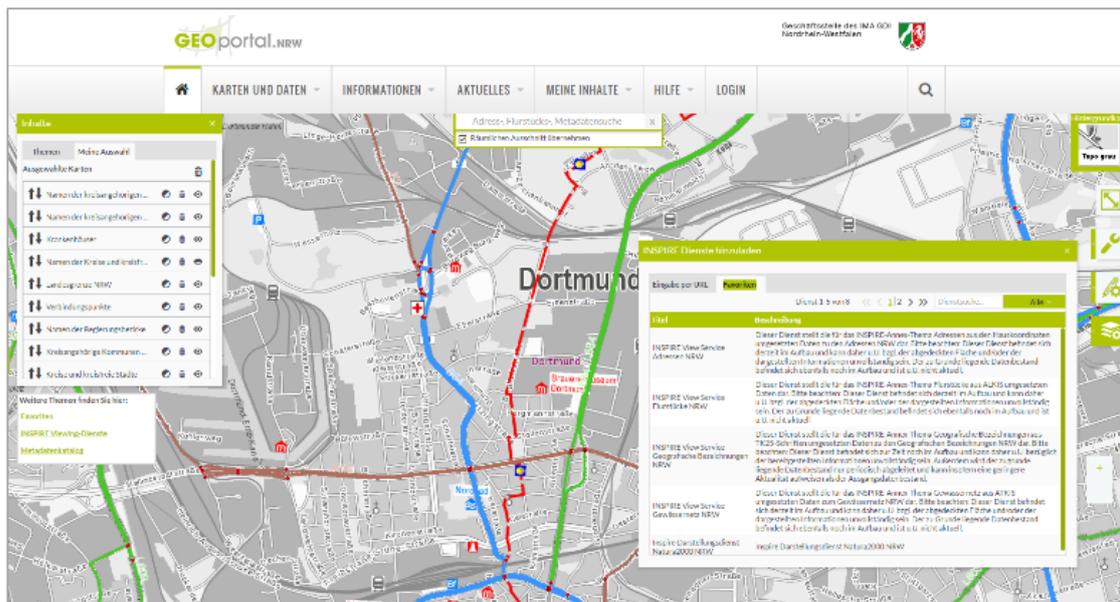


Figura 3-6 Aplicación de visualización de capas de información y metadatos (<https://www.geoportal.nrw/>)

### Arquitectura tecnológica

El modelo de referencia para determinar la arquitectura de esta IDE en un primer momento de la implantación se basaba en lo establecido por OGC. Una vez INSPIRE definió el modelo a seguir por las IDEs europeas, lo adaptaron al mismo. Incluso realizaron varios proyectos de pruebas para comprobar la interoperabilidad de sus datos y servicios con las IDE de los países fronterizos (Bélgica y Holanda) que limitan con esta región.

En 2010, con la implementación del geoportal GEOportal.NRW, como acceso centralizado a datos y servicios, consiguieron disponer del punto de referencia que necesitaban. Desde éste se

pueden visualizar fácilmente los datos, al catálogo y diferentes servicios. Cada uno de los departamentos dispone de aplicaciones propias de contenido temático con un aceptable nivel de desarrollo.

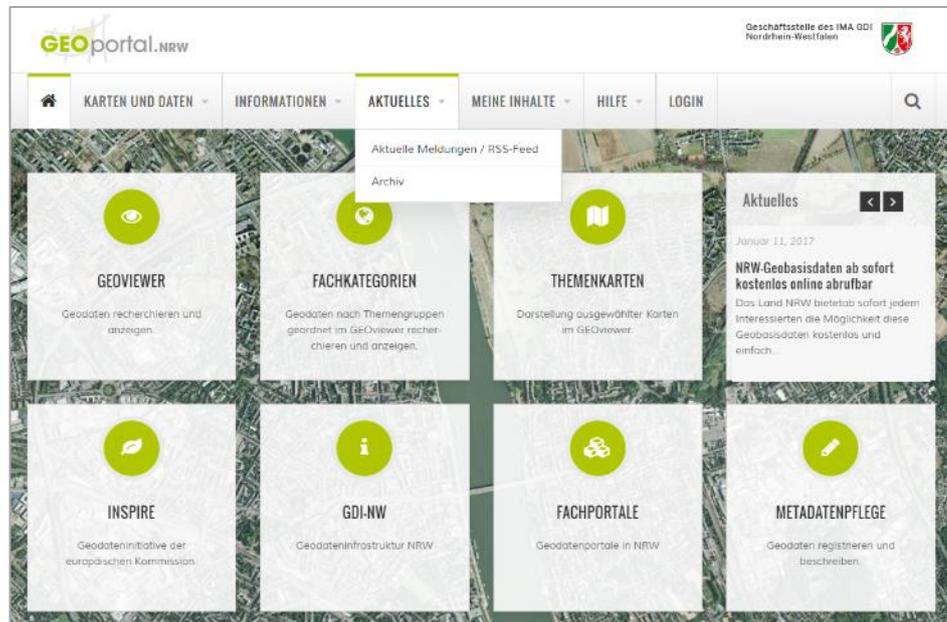


Figura 3-7 Aspecto de la portada del geoportal de <https://www.geoportal.nrw.de/>

## Normas y estándares

El nivel de uso de los estándares es alto desde un primer momento. A este respecto, siguen las reglas de implementación dictadas por INSPIRE. En el geoportal puesto en marcha en 2010 (GEOportal.NRW) disponen de la suficiente documentación para que los productores y usuarios puedan funcionar correctamente con la IDE.

## Resumen

Una característica importante de este caso de estudio es su relación con el sector empresarial de la región para poner en valor la información geográfica. Uno de los motivos de su puesta en marcha radicó en promover el sector TIC, como así queda reflejado en estudios posteriores. Otro aspecto a destacar de esta iniciativa es la ayuda que proporciona a las autoridades locales en temas que son competencia de éstas. Se puede considerar, en general, un proyecto bastante completo en todos sus componentes. No en vano ha sido elegido por la Unión Europea para llevar a cabo pruebas para evaluar las reglas de implementación de INSPIRE. Su punto débil por ser el menos desarrollado tiene que ver con la documentación de que dispone para el uso de las aplicaciones y de los conjuntos de datos.

### 3.4.3 Bretaña (Francia)

El desarrollo de los SIG regionales en Francia es más bien reciente, y su proliferación llegó con el nacimiento de INSPIRE. La falta de competencias y estructuras de los gobiernos a este nivel hace que este tipo de instrumentos no tengan la misma operatividad que en otros países, y su labor es meramente coordinadora y transmisora de las políticas del gobierno del país. Esta iniciativa de la región de Bretaña es un buen ejemplo de la utilización de esta tecnología para gestionar y difundir los datos relativos al territorio. La aparición de este proyecto denominado *GéoBretagne*<sup>14</sup> ha proporcionado una buena oportunidad para vincular a nivel regional diferentes proyectos SIG de nivel local y nacional que presentaban un núcleo relativamente débil (Craglia & Campagna, 2010).



Figura 3-8. Localización de la región de Bretaña en el contexto de su país.

Bretaña es una de las 25 regiones en que se divide el Territorio Francés. Para mejorar el conocimiento y gestión del territorio, la Prefectura de Bretaña (gobierno central) y el Consejo Regional de Bretaña crearon una asociación para coordinar el intercambio de datos entre los actores públicos en el territorio. Los objetivos operativos que deseaban alcanzar con la puesta en marcha de esta iniciativa eran los siguientes (Craglia & Campagna, 2010):

- Intercambio de datos entre organizaciones públicas.
- Desarrollo de sistemas de información geográfica en los servicios públicos.
- Dotar de valor añadido a los datos espaciales.
- Adquirir datos conjuntamente para reducir los costos.
- Ofrecer apoyo a un mejor conocimiento sobre el territorio para la toma de decisiones sostenibles.
- Dar respuesta a la directiva INSPIRE.

Esta plataforma *GéoBretagne* se creó en 2007, aunque unos tres años antes el estado ya puso en marcha trabajos de coordinación a los que se sumaron, posteriormente, las entidades regionales. A esta organización se pueden adherir los municipios, las colectividades territoriales, otros organismos públicos, y organizaciones u asociaciones privadas que tengan encomendados servicios públicos. El hecho de participar como socios es voluntario e lleva implícita la obligación de compartir la información geográfica de que se disponga a través de esta plataforma (DREAL Bretagne, 2011). En cifras, en 2017 reunía 131 socios que manejan unos 1300 conjuntos de datos espaciales y llevan a cabo 10 líneas de actuación (Région Bretagne., 2017).

#### Organización y coordinación

El consorcio está formado por autoridades públicas a nivel regional y departamental, representando a un gran número de ministerios, de ciudades y de municipios. Se organiza

<sup>14</sup> GéoBretagne: <http://cms.geobretagne.fr/>

alrededor de cuatro elementos: un comité Estado-Región, un comité técnico, unos grupos de trabajo temáticos y una carta de compromiso (similar a un convenio). Este último componente está firmado por todos los socios del proyecto (Craglia & Campagna, 2009). En dicha carta se definen la organización y las condiciones de acceso y uso de los conjuntos de datos. También queda reflejado en este documento la enumeración de los datos, las contribuciones de cada socio, así como sus responsabilidades y los procedimientos necesarios para dotar de calidad los datos disponibles y las operaciones de actualización (DREAL Bretagne, 2011).

La gestión de este proyecto está asignada a un comité ejecutivo que debe rendir cuentas a la asamblea general de asociados. El único documento de referencia que encontramos redactado es el convenio que firman los asociados en su adhesión. No disponen, por lo tanto, de una estrategia alguna que guíe sus pasos en un futuro próximo.

Aunque su grado de implantación en la región es bueno, muchas de sus líneas de trabajo sólo están planteadas y no materializadas. Una de las iniciativas que mejor desarrollo presenta es la creación de una plataforma de software para el uso de la información geográfica. Se denomina *geOrchestra*<sup>15</sup> y pasó de ser una aplicación de software libre implantada en la región a formar una comunidad de usuarios a nivel internacional.

### **Coordinación intra-gubernamental**

Para poder llevar a cabo esta labor disponen de un comité técnico que realiza tareas de organización operacional y de integración de datos. Al estar compuesta por tantos actores diferentes y de muy variado origen, el funcionamiento corporativo no es susceptible de estudio y análisis en este caso. El hecho de ser una organización de pequeñas dimensiones, les hace vulnerables en el aspecto organizativo y la falta de recursos humanos adecuados supone un considerable hándicap para su futuro desarrollo (Craglia & Campagna, 2010).

### **Marco legal y financiación**

No disponen de instrumento legal que les ampare, pero a diferencia de otros casos, tienen muy bien resuelto el aspecto de la financiación. La carga financiera del proyecto está soportada por el contrato de proyectos del Estado y la Región de Bretaña. La financiación cubre los costos de:

- la adquisición de datos.
- los estudios necesarios para mejorar la asociación (calidad, desarrollos, etc.).
- las acciones de comunicación para difundir el proyecto.
- la evolución de la plataforma técnica.

El resto de los socios también participa financieramente, más en particular en lo referente a las adquisiciones de bases de datos de referencia.

---

<sup>15</sup> <http://www.georchestra.org/blog.html>

## Datos

La información es obtenida siguiendo estos principios:

- Eficiencia para poner en común y compartir datos.
- Subsidiariedad para producir nuevos datos.
- Responsabilidad a la hora de garantizar la calidad de los datos aportados.

Además de los datos de referencia aportados por el estado y la información que cada socio suministra a la plataforma, se han determinado unas líneas de actuación que aunque no están destinadas a la sustitución de los productores de datos, si pretende servir para ofrecer un foro de discusión (creación, estructuración y administración de los datos geográficos) dedicado a diferentes temáticas y también con el fin de crear herramientas que promuevan la coherencia de los datos.

A estas líneas de trabajo no corresponde la misión de evaluar el estado de la información. En realidad, no disponen de mecanismos para llevar a cabo esta tarea. Por otro lado, cabe señalar que sí controlan la calidad de los datos, aunque la responsabilidad recae en el productor y no se lleva a cabo desde la plataforma.



Figura 3-9 Geoportal de GeoBretagne (<http://cms.geobretagne.fr/>)

## Metadatos

Toda la información está perfectamente metadotada siguiendo las recomendaciones de INSPIRE. Desde el catálogo se puede acceder a los datos de manera sencilla para proceder a su descarga y visualización.

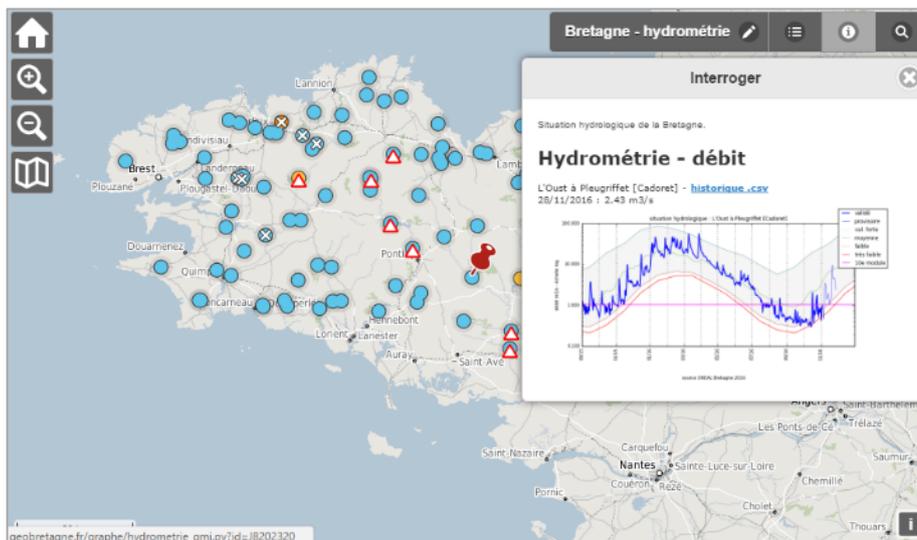


Figura 3-10 Aplicación para la consulta de datos hidrográficos en Bretaña <http://geobretagne.fr/>

### Arquitectura tecnológica

Las IDEs regionales en Francia están tuteladas por el Consejo Nacional de Información Geográfica (CNIG)<sup>16</sup> y dentro de éste encontramos un comité de coordinación territorial (*Commission Animation Territoriale*) responsable de organizar la difusión de la información, el intercambio de experiencias y el proporcionar asesoramiento a las plataformas regionales. Desde este órgano se determina la arquitectura de los nodos regionales de acuerdo con las especificaciones de INSPIRE.

Toda la información es accesible a través de servicios web y a los que se accede desde el geoportal, que además dispone de información sobre su funcionamiento y ofrece documentación relacionada con las diferentes líneas de actuación.

Como herramienta corporativa se promueve el uso de **geOrchestra**. Este proyecto de software se inició en 2009 cuando la Infraestructura de Datos Espaciales de Bretaña estaba en construcción. Los usuarios y desarrolladores decidieron colocar el código fuente bajo una licencia de código abierto. Más tarde se designó un comité ejecutivo independiente para gestionar dicho proyecto, dirigir la comunidad emergente, y seleccionar los cambios mediante consenso.

### Normas y estándares

Como ya se ha comentado, en los aspectos tecnológicos esta iniciativa sigue las indicaciones de INSPIRE, pero en los aspectos restantes no se adaptan a los estándares establecidos. Disponen de unas sencillas guías para la realización de determinadas acciones con los diferentes componentes.

<sup>16</sup> Conseil National de l'Information Géographique: <http://cnig.gouv.fr/>

## Resumen

Este instrumento juega un papel determinante en la coordinación de la información geográfica en una región con muy pocas competencias. Dada la gran cantidad de organismos públicos que utilizan los datos geográficos, hace falta que haya algún instrumento que ponga orden para evitar duplicidades en los trabajos de adquisición y restricciones en el uso de la información geográfica. Supone una ayuda muy importante para la administración local.

Está claro que no encontramos aquí funcionamiento corporativo, ya que no hay estructura de gobierno. Quizá su punto débil sea que la adscripción de cualquier organismo es voluntaria y no existe un marco legal que facilite esa participación. Sin embargo, puede considerarse una solución muy válida para países que no dispongan de nivel de gobierno regional y de esta manera salvar la distancia que existe entre los niveles local y estatal. Se puede decir que es una IDE con ciertas funciones corporativas.

### 3.4.4 Victoria (Australia)

Australia está compuesta por seis estados y dos territorios. El más pequeño de éstos estados ofrece un interesante ejemplo de gestión de la información geográfica desde los años 90 y dispone de una excelente IDE a nivel estatal. Aunque sólo representa el 3% de la superficie del país, el estado australiano de Victoria es el hogar de 4,8 millones de personas (o el 25% de la población total) por lo que es el segundo estado más poblado del país.

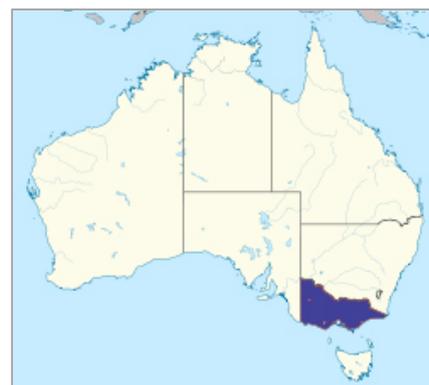


Figura 3-11 Situación del estado de Victoria en el contexto de su país.

El gobierno de Victoria decidió construir su primera base de datos catastrales que abarcasen todo su territorio en 1993. La Agencia de Tierras Victoria (*Land Victoria*) disponía de la cartografía digital de las parcelas legales existentes, pero necesitaba acceso a información adicional, como los nuevos desarrollos propuestos o planificados y las direcciones postales. Por lo tanto, empezaron a identificar los conjuntos de datos que necesitaban para la gestión del territorio y se empezó a esbozar el desarrollo de una metodología para planificar su producción.

En 1997 se aprueba la primera estrategia denominada *Victorian Spatial Information Strategy* (VSIS) y que define el marco de trabajo para determinar un uso eficaz de la información espacial que dé apoyo a las políticas sociales, ambientales y económicas del estado de Victoria. Este marco de trabajo lo componen:

- Acuerdos institucionales para el desarrollo de la información espacial;
- Requisitos para crear y mantener información espacial;
- Mecanismos para hacer accesible y disponible la información espacial
- Desarrollo estratégico de tecnología y aplicaciones

A estos componentes que, en realidad, ya formaban parte de lo que denominamos SIG corporativo, había que añadir la implantación de la IDE, que quedaba definida en el documento como “el mecanismo para hacer disponible y compartir la información” (Masser, 2009).

### **Organización y coordinación**

El *Victorian Spatial Council* (VSC) es el máximo órgano del estado para la política y gestión de la información geográfica. Tiene asignado el objetivo de crear el entorno necesario para que la información espacial esté disponible y pueda utilizarse a todos los niveles. Su trabajo también se centra en el desarrollo de marcos de trabajo, particularmente en el desarrollo de políticas de gestión y disponibilidad de la información espacial (Victorian Spatial Council, 2011). Se creó en septiembre de 2004 con la aprobación de la VSIS 2004-07 y sus miembros representan al gobierno, a las principales asociaciones de empresas, a los centros universitarios y de investigación, a los colegios profesionales y a los principales grupos de interés en el ámbito de la información geográfica.

A los grandes usuarios externos se les califica en dos categorías y aparecen en un listado donde se publicitan con sus servicios<sup>17</sup>.

- Proveedores de servicios: suelen proporcionar datos y asistencia en el uso de la información a sus clientes.
- Productores de valor añadido: generan productos de información geográfica o servicios utilizando sus recursos espaciales mezclados con datos proporcionados por el gobierno.

Desde 1997 y en periodos de tres o cuatro años, el gobierno estatal ha ido aprobando los diferentes documentos estratégicos que define el marco de trabajo que permite que todos los sectores de la comunidad de información espacial estén altamente comprometidos y sus esfuerzos se integren para conseguir un estado de Victoria con “capacidades espaciales<sup>18</sup>”. Este es el lema que difunden como marca de calidad entre los diferentes niveles del gobierno y entre la sociedad que utiliza la información geográfica en sus procesos (Victorian Spatial Council, 2008).

### **Coordinación intra-gubernamental**

Este es uno de los aspectos que más ha costado instaurar en este caso de estudio. Hace más de diez años (Warnest, 2005), escribió que el estado de Victoria era líder en muchas áreas de la gestión de la información espacial, en particular en lo relativo a la gerencia de la tierra y a las transacciones de la propiedad. Sin embargo, adolecía de coordinación interinstitucional de la información espacial y de las actividades del gobierno estatal. Este reto se plasmó en estrategias posteriores y en los últimos documentos, se sigue buscando una solución a este problema.

---

<sup>17</sup> <http://www.depi.vic.gov.au/forestry-and-land-use/spatial-data-and-resources/vicmap-data-service-providers>

<sup>18</sup> Spatially enable

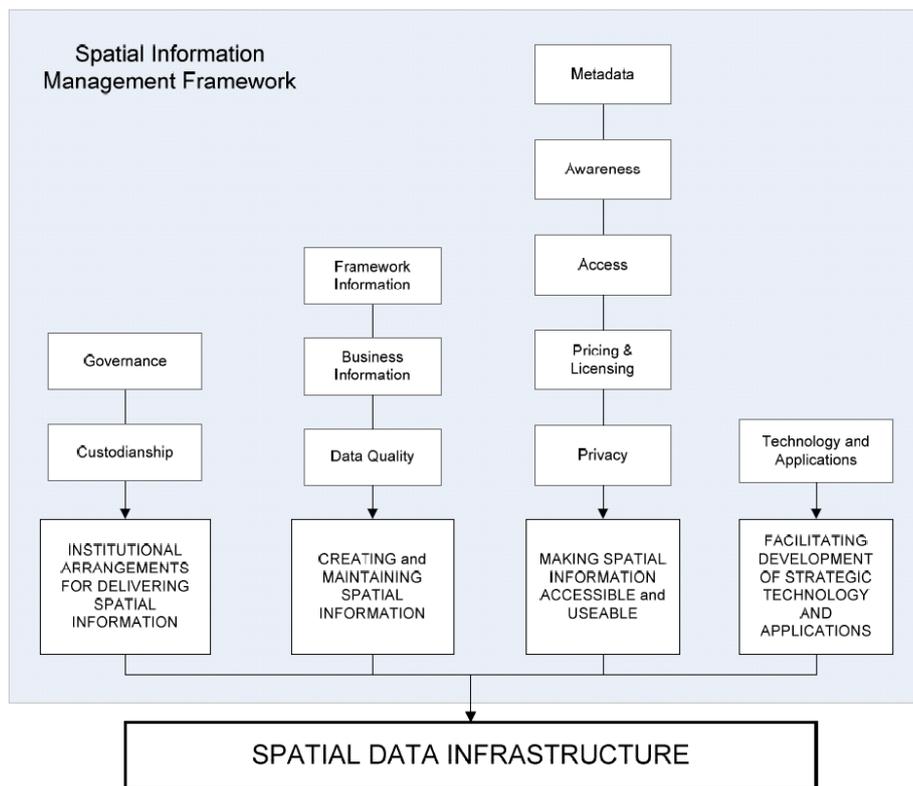


Figura 3-12 Estructura del marco de trabajo para la gestión de la información geográfica definido en la Estrategia de Información Geográfica del Estado de Victoria (Victorian Spatial Council, 2008)

### Marco legal y financiación

Dado lo avanzado de esta iniciativa y de las implicaciones de los diferentes actores que interviene en ella, en 2015 el *Victorian Spatial Council* en un documento<sup>19</sup> en el que exponía su posición al respecto, demandaba la aprobación de un marco legal que formalizara las funciones y responsabilidades de la gestión de la información espacial, que definiera el conjunto de información fundamental o básica y que estableciera los requisitos para el intercambio y la puesta a disposición de la información geográfica.

### Datos

Respecto a los datos, después de la demanda del VSC, se elaboró un documento de trabajo denominado Entorno de Gestión de la Información Geográfica (Victorian Spatial Council, 2017) que define la base para una gestión coherente de la información en Victoria. En dicho documento se establece un conjunto básico de requisitos para gestionar la información espacial que establece un enfoque de buenas prácticas y que se basa en cuatro elementos básicos:

- **Acuerdos institucionales** para el desarrollo de la información espacial. Dividido en dos líneas: gobernanza y custodia.

<sup>19</sup> Victorian Spatial Council Position Paper No. 1/2015, July 2015: <http://victorianspatialcouncil.org/cms/library/attachments/VSC%20Position%20Paper%20No.2-Legislation%20v0.2.pdf>

- Requisitos para **crear y mantener información espacial**: donde se definen las **especificaciones de datos**, sus aplicaciones y la medición de la calidad de los mismos.
- Mecanismos para hacer **accesible y disponible** la información geográfica: metadatos, autoría, acceso, fijación de precios y licencias, y privacidad.
- Desarrollo estratégico de **tecnología y aplicaciones**.

Hasta que se apruebe este documento, dentro de este proyecto ya se estaba trabajando con 12 conjuntos de datos declarados como fundamentales y su correspondiente política de acceso a los mismos. También se dispone de unas directrices para el control de calidad de la información antes de que pase a formar parte de la comunidad.

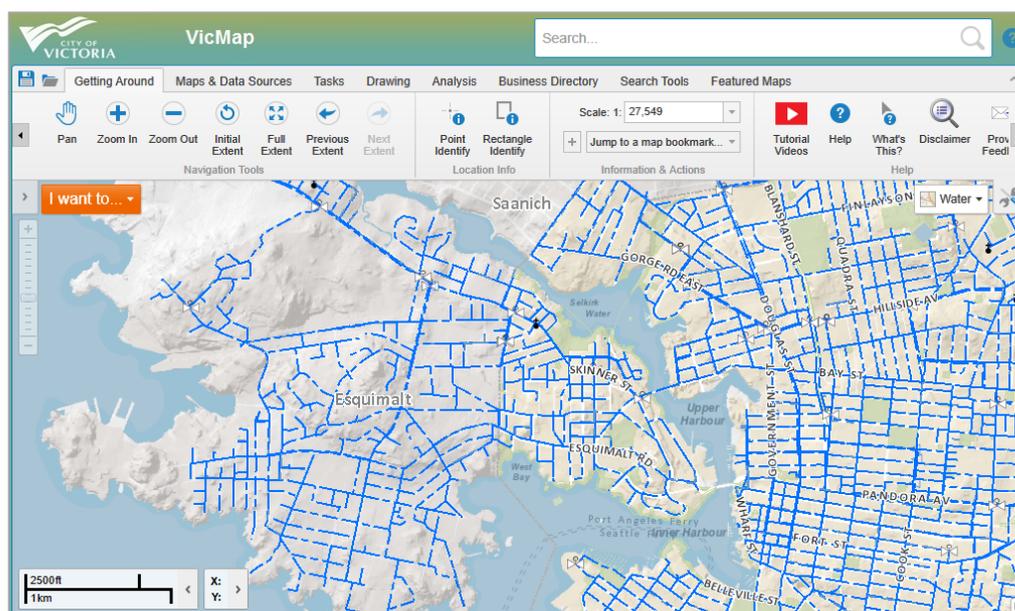


Figura 3-13 Aplicación principal de visualización de datos VicMap (<http://vicmap.victoria.ca>)

## Metadatos

Este componente funciona correctamente en la infraestructura, pero el acceso a la información desde el catálogo no es sencillo. No está muy conseguida la aplicación de consulta del catálogo<sup>20</sup>.

## Arquitectura tecnológica

La arquitectura está basada en servicios web según la familia de normas ISO19100, pero las utilizadas para su uso se encuentran excesivamente desarrolladas. Para los usuarios externos, se accede a través de una aplicación previo registro de usuario. Y la descarga de datos se realiza desde la aplicación OpenData<sup>21</sup> de la que dispone el gobierno para obtener cualquier tipo de dato. Siguen los pasos de EEUU en este sentido.

A pesar de que en los diferentes departamentos existen aplicaciones sencillas de visualización de datos y consulta de atributos, se echa en falta un geoportal que permita el acceso a los

<sup>20</sup> <http://services.land.vic.gov.au/SpatialDatamart/index.jsp>

<sup>21</sup> <https://www.data.vic.gov.au/data/group/spatial-data>

diferentes servicios y aplicaciones de la IDE. La aplicación que hace, en parte, esta función es un poco limitada<sup>22</sup>.

### Normas y estándares

Después de revisar la documentación y visualizar las aplicaciones y servicios, se puede afirmar que el nivel de uso de los estándares se debería mejorar. Si unimos este último problema a la situación de la tecnología antes mencionada, nos encontramos con que el aspecto de la interoperabilidad no está bien resuelto.

Para el funcionamiento de esta iniciativa, existe un documento de directrices de gobernanza que define:

- las relaciones entre los principales actores,
- los mecanismos que permiten a éstos expresar sus intereses, resolver sus diferencias y ejercer sus derechos y obligaciones, y
- las reglas que facilitan el ejercicio de la autoridad y la participación en el funcionamiento de la organización.

### Resumen

Australia es uno de los pocos países en el mundo que dispone de IDE regional relativamente maduro lo que se explica, en gran medida, por el contexto institucional que presenta (Masser & McDougall, 2009). A este respecto, cabe señalar que muchas de las publicaciones (Chan et al., 2001; McDougall, 2006; Thomas, Hedberg, Thompson, Rajabifard, & Council, 2009; Warnest, 2005) que hacen referencia a esta iniciativa, se centran en aspectos organizativos, políticas de datos y definición del uso de la información, pero es raro encontrar referencias a componentes tecnológicos que no sea una mera alusión a que disponen de servicios interoperables que cumplen los estándares ISO. En este caso, comprobamos que los aspectos organizativos destacan sobre los demás. Sin embargo, en los últimos documentos sobre la valoración de su funcionamiento, el VSC hace notar dos aspectos en los que necesitan mejorar: uno es la necesidad de un marco legal y el otro tiene relación con la falta de un marco de referencia para la información geográfica. Este último se está solventando con la publicación este mismo año del Entorno de Gestión de la Información Geográfica citado en los apartados anteriores.

---

<sup>22</sup> <http://www.land.vic.gov.au/>

### 3.4.5 Nueva Zelanda

Entre los casos de estudio analizados, este es el único que no pertenece a un nivel sub-nacional. Corresponde a una iniciativa cuyo ámbito de actuación abarca todo el país, pero en su concepción y forma de trabajo se aproxima bastante al modelo de SIG corporativo que manejamos en este trabajo. El tamaño y características de Nueva Zelanda hace que, en muchos aspectos, se pueda asemejar a una región europea. Incluso en su asociación con Australia en ANZLIC, funciona como un nodo que forma parte una IDE superior, tal y como ocurre en las IDEs sub-nacionales en Europa.



Figura 3-14 Situación de Nueva Zelanda en el contexto de Oceanía.

Dependiente del Ministerio para la Información del Territorio, el LINZ (*Land Information New Zealand*) es responsable de la información geográfica y de propiedad de este país, asegurándose de que sea precisa y accesible, y que pueda ser reutilizada. Este organismo, creado en julio de 1996, se formó a partir de los departamentos del gobierno neozelandés que gestionaban el catastro, los recursos públicos y otras cuestiones relativas al territorio. En la actualidad tiene las siguientes líneas de actuación:

- Bases topográficas e información de referencia. (imágenes del territorio y elevaciones).
- Toponimia y direcciones.
- Red geodésica y servicios correspondientes.
- Cartografía y seguridad marítima.
- Catastro.
- Gestión de las propiedades públicas.

El gobierno de este país señaló en 1995 que "la información geográfica es de gran importancia para la economía de nuestro país" (Land Information New Zealand, 2007). Un año más tarde, a propuesta del LINZ, se creó un Comité de Información Geoespacial (OCGI), para emprender iniciativas de colaboración entre organismos, agencias gubernamentales y administración local involucrados con la información geográfica. El OCGI trató de definir una línea de trabajo común para todo el gobierno en relación a las cuestiones relacionadas con la información geográfica. También funcionaba como órgano asesor de LINZ en el desarrollo de la infraestructura topográfica e hidrográfica en Nueva Zelanda, pero carecía de autoridad para asegurar que acciones más amplias fueran adecuadas para los recursos y objetivos programados.

En octubre de 2004, el gobierno toma nota de su creciente dependencia de la información geográfica en una amplia gama de actividades y, al mismo tiempo, señala la carencia de una estrategia geoespacial coordinada en toda la administración. Por lo tanto, aprueba la elaboración de un documento de discusión sobre cuestiones de información geoespacial y lo expone a información pública. A partir de este trabajo, se redacta una estrategia (Land Information New Zealand, 2007) que establece la visión, los principios y objetivos estratégicos que indicarán las líneas de trabajos para la gestión de la información geoespacial. Los cuatro objetivos estratégicos son los siguientes:

- **Gobernabilidad:** determinar la estructura de coordinación y gobierno requerida para optimizar los beneficios de los recursos geoespaciales.
- **Información:** garantizar la captura, conservación y mantenimiento de los conjuntos de datos espaciales fundamentales, y establecer las directrices para la gestión los datos no considerados fundamentales.
- **Acceso:** asegurar que la información y los servicios geoespaciales gubernamentales pueden ser fácilmente descubiertos, considerados y utilizables.
- **Interoperabilidad:** certificar de que los conjuntos de datos geoespaciales, los servicios y los registros de las diferentes agencias gubernamentales y la administración local se pueden combinar y reutilizar para múltiples propósitos.

El liderazgo de la estrategia fue atribuido al LINZ como principal organismo productor de datos geográficos y con sobrada experiencia en la gestión de este tipo de información.

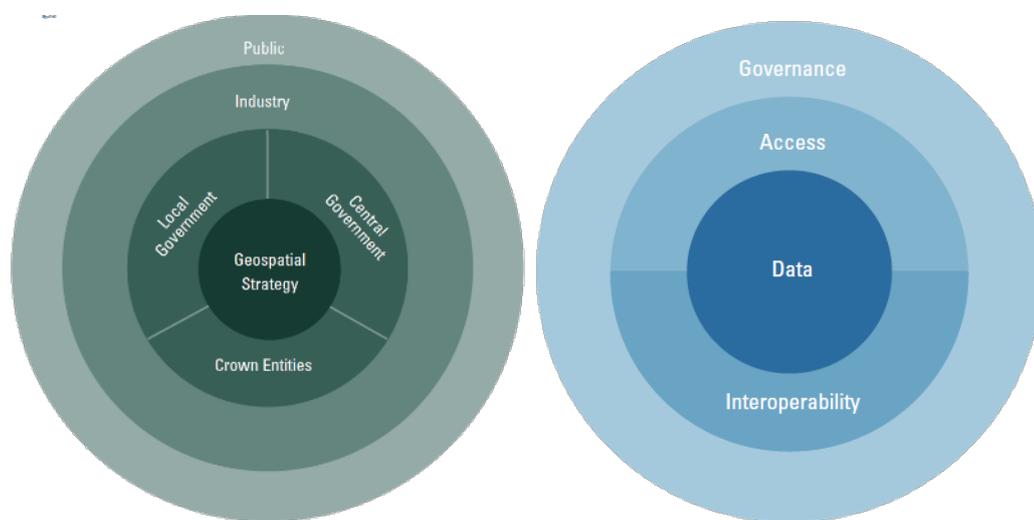


Figura 3-15 Gráficos extraídos de la Estrategia Geoespacial de Nueva Zelanda (Land Information New Zealand 2007).

En 2010, el LINZ asesorado por la *New Zealand Geospatial Office* (antiguo OCGI) adquiere el compromiso de establecer en los siguientes tres años la IDE de Nueva Zelanda (NZSDI) en colaboración con las agencias gubernamentales, la administración local, las universidades, el sector empresarial geomático y las comunidades de datos abiertos (New Zealand Geospatial Office, 2011).

### Organización y coordinación

Las labores de dirección y coordinación de las acciones relacionadas con la información del territorio giran alrededor del LINZ, tanto el sistema de información territorial como la IDE. También forma parte de ANZLIC<sup>23</sup>, que es la máxima organización intergubernamental que lidera en la gestión y uso de información geográfica en Australia y Nueva Zelanda.

Tras dos años de funcionamiento de la IDE, se realiza un estudio (New Zealand Geospatial Office, 2012) para evaluar estado y repercusión de su funcionamiento siguiendo la metodología

<sup>23</sup> <http://www.anzlic.gov.au/>

de INSPIRE en sus documentos *State of Play* de 2011. En este documento se destaca claramente que los aspectos organizativos, incluidos los legales, están funcionando bien, pero en todo lo relativo a la disponibilidad de datos, metadatos y servicios, deben mejorar considerablemente.

### **Coordinación intra-gubernamental**

Además del LINZ como coordinador de las acciones relacionadas con la información geográfica, se creó la *New Zealand Geospatial Office* (NZGO) que funciona como un recurso consultivo y ayuda en la definición de estrategias y líneas de actuación. El resto de departamentos que producen y manejan datos espaciales son coordinados por el LINZ. Esta coordinación, junto con otras iniciativas del gobierno, están recogidas y bien descritas en el documento estratégico (Land Information New Zealand, 2007) y en el marco de referencia para datos geográficos (Land Information New Zealand, 2014).

### **Marco legal y financiación**

Este organismo tiene encomendadas muchas de sus competencias en diferentes leyes, ya que su labor está perfectamente integrada en las competencias de su ministerio. Por lo tanto, para su funcionamiento y gestión dispone de un presupuesto asignado sin necesidad de recurrir a programas especiales.

Entre las acciones más importantes planteadas para facilitar el uso y reutilización de la información geográfica, se estableció la licencia de referencia NZGOAL<sup>24</sup>. En ella se insta a todos los organismos de la administración a ofrecer a los ciudadanos la información del sector público con la máxima transparencia y con todas sus posibilidades de reutilización.

En el año 2009 se encargó un estudio (Smart & Cramer, 2009) con el fin de observar el impacto que el uso de la información geográfica había tenido en la economía del país. Una de sus conclusiones indicaba que la utilización de datos geográficos en 2008 había incrementado unos 800 m€ los beneficios de productividad, suponiendo un 0,6% del PIB. Pero otra conclusión indicaba que la liberalización de los datos geográficos relacionada con la puesta en marcha de la IDE, tardó demasiado en llevarse a cabo, si lo comparamos con lo que aconteció en países como EEUU, Canadá o Australia. Con una periodicidad anual se lleva a cabo un breve estudio del uso de la información geográfica y de su impacto económico en la sociedad para incluir en las memorias del LINZ (Land Information New Zealand, 2016).

### **Datos**

El LINZ como organismo productor de datos de referencia (bases topográficas, catastro, toponimia, direcciones, etc.) abastece a los demás departamentos del gobierno, que aportan sus datos temáticos. Para corregir las deficiencias detectadas en el *New Zealand SDI State of Play Report* (New Zealand Geospatial Office, 2012), se redactó y aprobó un marco de trabajo sobre los

---

<sup>24</sup> NZGOAL – New Zealand Government Open Access Licensing, <http://www.nzgoal.info/>



los sistemas de información corporativos hablaran el mismo lenguaje y de que la interoperabilidad entre ellos no tuviera barreras. Como agencia pública, el LINZ, está sometido a los criterios marcados por este instrumento lo que determina su arquitectura corporativa y la forma de acceso a la información que produce. En cuanto a la IDE, sigue la arquitectura de referencia de OGC y difunde la información en base a servicios web siguiendo las normas ISO, y las especificaciones y recomendaciones de OGC. Dispone de aplicaciones web para la consulta de información. Siguiendo el modelo americano, la IDE está actualmente integrada en el portal Open Data del gobierno neozelandés como un sub-portal denominado **geodata.govt.nz**

## Normas y estándares

Hasta esta fecha, todas las acciones relacionadas con la difusión de la información geográfica utilizando los estándares internacionales se desarrollaban bajo el paraguas del ANZLIC, pero a partir de estos momentos, la intención es seguir una estrategia propia coordinada con esta IDE supranacional.

Tienen redactadas normas de funcionamiento para la captura y edición de datos en varios temas como direcciones, parcelas y toponimia, que directamente gestiona LINZ.

## Resumen

A la hora de valorar esta iniciativa se debe tener en cuenta el hecho de que se trata de un país. El grado competencial es mayor que el de cualquier otra región, pues no existe un nivel de gobierno superior. Pero, por otro lado, al estar escasamente poblado, su funcionamiento sí se asemeja al de una región. El análisis de la evolución del sistema a través de los diferentes documentos estratégicos indica que existe una preocupación real por ir adaptándose a las demandas de información de la sociedad. Van avanzando de manera controlada a medida que son conscientes y detectan sus deficiencias y carencias. Para ello, poseen una gran ventaja ya que disponen de un marco legislativo adaptado al departamento que gestiona la información geográfica. Quizá su aspecto menos desarrollado y su punto débil sea el tecnológico, al igual que se ha detectado en otras iniciativas del mismo continente.

### 3.4.6 Alberta (Canadá)

La utilización de los sistemas de información geográfica en Canadá comenzó en los años 70 y en 1999, gracias al programa **GeoConnections**, se empezó a desarrollar la IDE nacional. Desde su creación, el trabajo de esta iniciativa se ha centrado en la gestión y coordinación de los socios que contribuyen a la base técnica del *Canadian Geospatial Data Infrastructure* (CGDI). Partiendo de esta iniciativa y tras seguir las líneas de actuación determinadas por otros proyectos, el gobierno federal desarrolló una infraestructura de información geográfica con una aceptable



Figura 3-17 Situación del estado de Alberta en el contexto de su país.

producción de datos para todas sus provincias (Canadian Council on Geomatics, 2010; GeoConnections, 2005; GeoConnections, 2009).

A partir de 2011, el gobierno de la provincia de Alberta decidió poner en marcha un proyecto propio para profundizar en la difusión y uso de los datos geográficos entre la población. Esta iniciativa denominada **GeoDiscover Alberta** es liderada por el Ministerio de Medio Ambiente de la provincia e incluye a otros organismos pertenecientes a su mismo nivel de gobierno. Como principal objetivo encontramos el de proporcionar datos oficiales de calidad y que puedan ser manejados fácilmente. En su estrategia utilizan el concepto de “alfabetización geográfica” (*Spatial Literacy*), que definen como “la capacidad de entender los conceptos de representación espacial, emplear la visualización e interpretación apropiadas y extrapolar los conceptos de localización como un marco para entender los datos” (Bednarz & Kemp, 2011). Para este proyecto, la localización geográfica constituye el tejido subyacente de muchas decisiones gubernamentales.

### **Organización y coordinación**

Para coordinar este proyecto se formó un grupo interministerial bajo el mismo nombre que la iniciativa, GeoDiscover Alberta (GDA). Cuenta con el mandato del gobierno provincial para administrar la infraestructura de datos geoespaciales. También este grupo ha sido el responsable de la elaboración del documento estratégico que servirá de guía en los próximos tres años (Alberta’s Geospatial Data Authority, 2016).

La operatividad de esta iniciativa en estos momentos es limitada. Da la impresión, tras la lectura del documento estratégico, de que van a crecer, tanto en funciones como en el desarrollo de nuevos componentes.

### **Coordinación intra-gubernamental**

Los gobiernos provinciales y territoriales son responsables de la gestión y coordinación de las actividades geomáticas dentro de sus áreas geográficas, pero se ponen en contacto y se coordinan con las agencias gubernamentales y locales, proporcionándoles, directa o indirectamente, las bases de datos provinciales y territoriales para satisfacer sus necesidades. Los gobiernos provinciales y territoriales también recogen, gestionan y mantienen datos en el desarrollo y actualización de bases de datos provinciales y nacionales (Canadian Council on Geomatics, 2010).

### **Marco legal y financiación**

En la Estrategia Nacional de Cartografía (Canadian Council on Geomatics, 2010) se reconoce la autonomía y funciones de los miembros regionales. Además, se ocupa de promover la cooperación y la colaboración, no la competencia. En este documento se determina que “un papel clave para la estructura de gobernanza inclusiva es proporcionar un foro para esta cooperación y colaboración”.

No existen normas o instrumentos legales que tutelen el funcionamiento de este proyecto. En el documento estratégico sí tienen previsto elaborar unas normas para el acceso a la información. Ahora mismo está permitido su uso con muy pocas restricciones.

## Datos

Respecto a la producción de datos, se mantienen los programas nacionales y las provincias reciben las bases de datos fundamentales. A nivel regional, se capturan datos principalmente temáticos y relacionados con el medio ambiente y los recursos naturales. El gobierno federal es generalmente el responsable de producir información dentro de las iniciativas nacionales de coordinación cooperando con provincias y territorios a través de programas como *GeoConnections* y de bases de datos a escala nacional (Canadian Council on Geomatics, 2010). También las especificaciones de datos están determinadas a nivel nacional para los datos fundamentales correspondientes a 6 conjuntos de datos espaciales. Para los datos temáticos producidos por los organismos provinciales no hay constancia de esta documentación.

## Metadatos

Toda la información estaba catalogada según la norma *FGDC Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (CSDGM) y entre los trabajos que tiene previsto realizar está la migración de los metadatos al perfil NAP (*North American Profile*) de ISO19115. La descripción de los datos es bastante completa y da acceso a los servicios web.

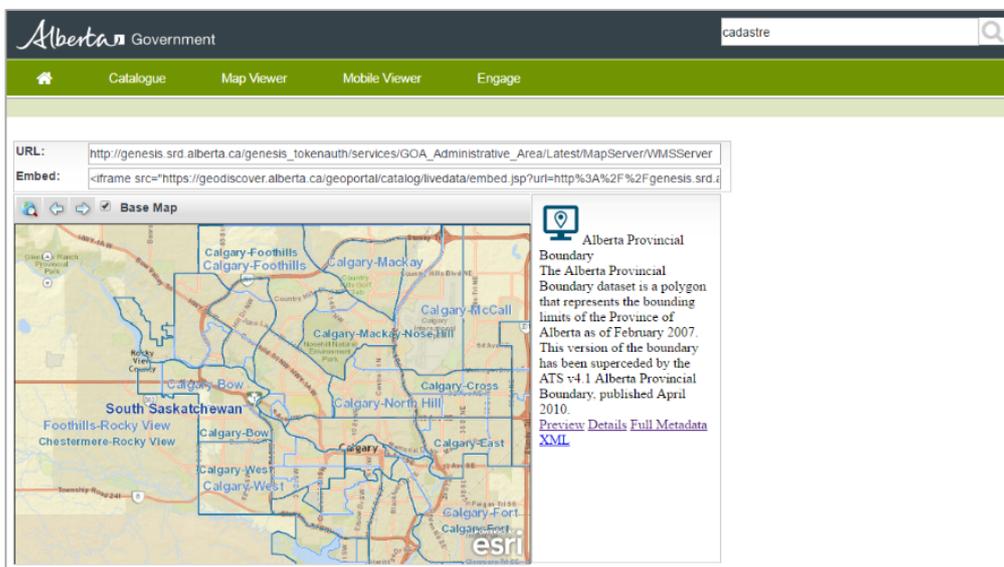


Figura 3-18 Catálogo de metadatos del geoportel GeoDiscover Alberta (<https://geodiscover.alberta.ca/geoportel/catalog/search/search.page>)

## Arquitectura tecnológica

La infraestructura de datos espaciales de Canadá sigue las recomendaciones corporativas del organismo que gestiona el marco de referencia para los sistemas de información en su

administración (*Canadian Treasury Board Federated Architecture*). Este marco está basado en los principios del *ISO Reference Model for Open Distributed Processing* (RM-ODP). Las IDEs regionales usan el mismo modelo de referencia para su arquitectura (GeoConnections, 2005).

Dispone de pocos servicios web propios, cerca de 32 servicios de visualización y uno de catálogo, ya que para la cartografía de referencia se utilizan los servicios a nivel nacional. La descarga de datos se realiza desde las búsquedas en el catálogo y disponen de una gran variedad de aplicaciones temáticas para la visualización de datos.

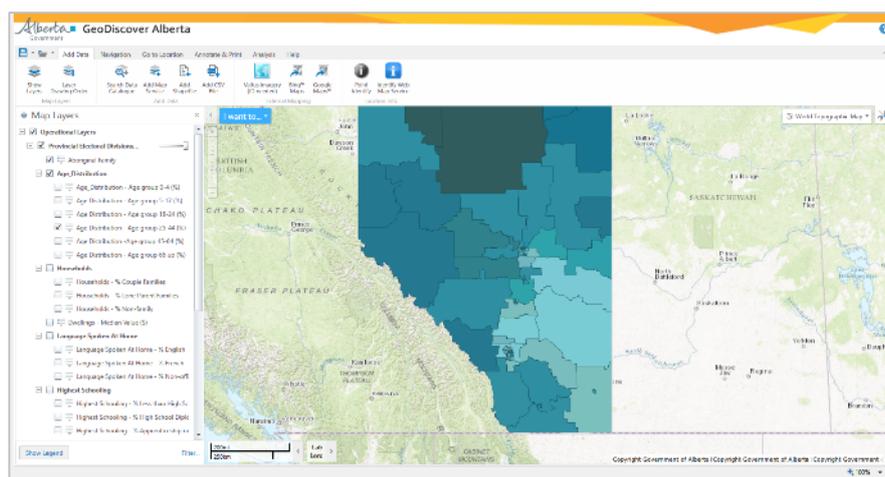


Figura 3-19 Aplicación de visualización del geoportal GeoDiscover Alberta (<http://geodiscover.alberta.ca/Viewer>)

## Normas y estándares

Gran parte de las normas utilizadas para los metadatos y servicios son las determinadas por el FGDC estadounidense. No se ha encontrado ningún trabajo normativo ni de especificaciones de producto en la documentación disponible relacionada con esta iniciativa.

## Resumen

En comparación con los otros casos de estudio, este es un proyecto pequeño. Sin embargo, parece que las intenciones que refleja su estrategia pueden acercarlo a la operatividad de las iniciativas europeas. Desde hace mucho tiempo, el estado canadiense ha proporcionado muy buenos servicios de información geográfica. En la actualidad, cuando la gestión de los grandes volúmenes de información es más sencilla y económica, las provincias parece que se han dado cuenta de que pueden profundizar en la calidad de la información gestionando bases de datos más precisas. Han empezado por los recursos naturales, el medio ambiente y algún que otro tema relacionado. Esta iniciativa está claramente en construcción, y si funciona la estrategia que tienen aprobada, en tres años podrá estar plenamente desarrollada. El concepto que utilizan de “alfabetización geográfica” puede ser muy interesante si penetra en la toma de decisiones políticas.

### 3.4.7 Navarra

El Gobierno Foral de esta comunidad adoptó en 2001 un Acuerdo por el que se aprobaba el Sistema de Información Territorial de Navarra (SITNA) de conformidad con el contenido del documento “SITNA. Líneas Estratégicas” y se creaba la Comisión de Coordinación del mismo (Gobierno de Navarra, 2006). Anteriormente, a principios de los años 90 se había creado un sistema de información ambiental, SIAN y unos años más tarde surgía otro sistema para gestionar la información urbanística (SIUN).



Figura 3-20 Situación de Navarra en el contexto de su país.

Desde hace años, esta región siempre ha contado con una cartografía actualizada de gran calidad. El hecho de tener competencias en la gestión tributaria (catastro) ha motivado que dedicara más presupuesto a la captura de datos que otras regiones españolas carentes de esta competencia. Para realizar estas labores, en 1982 creó la empresa pública Trabajos Catastrales, S.A. que, aunque inicialmente se dedicó a la implantación de los Catastros de Urbana y Rústica de Navarra, después continuó realizando un gran esfuerzo en el desarrollo de nuevas tecnologías para el tratamiento de la información territorial en todas sus fases y a la que se dotó de medios propios para la prestación de servicios al gobierno foral.



Figura 3-21 Esquema de actuación del SITNA (Gobierno de Navarra, 2011)

El SITNA se creó con una serie de principios que guiaron desde el inicio su desarrollo posterior:

- Coordinación, cooperación y participación.

- Cada unidad interviniente ve reforzada su eficiencia.
- Potenciar la gestión del conocimiento para facilitar el cambio hacia la mejora continua de la calidad.
- Ofertar el mejor servicio a los usuarios internos y externos.
- Constituir un elemento integrador e integrable.
- Impulsar la modernización de la administración y la sociedad de la información y el conocimiento.
- Reforzar la estrategia de “Gobierno Abierto”.

Desde sus inicios el SITNA ha venido funcionando como un proyecto corporativo, definido como “el conjunto organizado de recursos humanos, tecnológicos y organizativos que integra y mantiene actualizada, gestiona y difunde la información referida al territorio de Navarra”. Cuenta los objetivos genéricos de todo sistema de información (Gobierno de Navarra, 2016):

- Asegurar la disponibilidad de la información en el momento y en las condiciones que cada uno de los distintos usuarios pueda precisar.
- Asegurar la utilización óptima de la información acumulada. No es suficiente que la información esté disponible; es necesario que el potencial usuario conozca su disponibilidad y esté capacitado para utilizarla.
- Asegurar que el sistema no sólo es capaz de responder a las necesidades actuales, sino que está diseñado para satisfacer las futuras, actualizando puntualmente la información.
- Optimizar la oferta informativa para la toma de decisiones: el sistema debe ofertar la información más actualizada y de mejor calidad.
- Promover el intercambio de información, experiencias y procedimientos entre las unidades componentes del sistema y entre éstas y las personas que lo utilizan.
- Aumentar la transparencia informativa y la calidad de los servicios.
- Garantizar la seguridad de los datos y de los procesos.

### **Organización y coordinación**

El SITNA en sí es el propio órgano de coordinación. Dirigido por una Comisión permanente formada por representantes de todos los departamentos y administraciones implicados a un nivel técnico. Este órgano da cuentas a un pleno que agrupa a los representantes de los mismos departamentos, pero a un nivel político. Tiene carácter horizontal e integrador, que es una forma de trabajo radicalmente diferente al funcionamiento y relaciones del resto de la administración, que es jerárquica y verticalista. Además, carece de recursos humanos propios, ya que éstos se encuentran incluidos en toda la estructura de las unidades que lo integran.

Desde sus inicios se han aprobado tres planes estratégicos. Estos documentos son el resultado de una amplia reflexión colectiva que ha buscado definir la misión y visión del SITNA, sus principios y características, sus objetivos estratégicos y las líneas de actuación que los desarrollan (Gobierno de Navarra, 2016). Actualmente está en vigor el Plan Estratégico 2016-19 que se aprobó recientemente. También elaboran todos los años una Memoria del Plan Anual de Actuación del SITNA para evaluar el funcionamiento del sistema.

## **Coordinación intra-gubernamental**

Todas las iniciativas de gobierno en materia de información geográfica están materializadas en el SITNA, que cuenta con el apoyo de la empresa pública Trabajos Catastrales, S.A. para ponerlas en práctica mediante encomiendas de gestión.

## **Marco legal y financiación**

La creación del SITNA se realizó con una orden del gobierno foral. Más tarde en 2015 se aprobó un Decreto Foral (255/2015)<sup>26</sup>, por el que se regula el tratamiento de la información geográfica. Con este decreto se dotó de amparo legislativo a las acciones del gobierno en esta materia y regularizó el funcionamiento del SIG corporativo y la IDE.

En cuanto a la dotación presupuestaria, el SITNA cuenta con un presupuesto anual estabilizado (275.000 €). En éste no se incluye la producción de datos, que corresponde a los diferentes departamentos que lo integran.

## **Datos**

Para normalizar la producción de información, el decreto de 2015 prevé la redacción un Plan Cartográfico. Se está elaborando en coordinación con el plan estratégico del SITNA y, en principio, estará finalizado a finales del año 2017.

Hasta que este plan vea la luz, no se han establecidos conjuntos de datos fundamentales (están previstos 10 conjuntos de datos) ni especificaciones para la cartografía. Eso no quiere decir que no dispongan de algunos modelos de datos. Por ejemplo, las bases topográficas están elaboradas desde hace muchos años con un modelo muy consistente que incluso han exportado a otras regiones. También disponen de especificaciones para direcciones, datos urbanísticos, coberturas del suelo y otra serie de datos temáticos.

## **Metadatos**

El catálogo de metadatos que se puede consultar desde el exterior es muy completo y con una gran abundancia de registros. En el geoportal de su IDE (IDENA) se permite la visualización y descarga de datos accediendo desde el catálogo.

## **Arquitectura tecnológica**

La información del SITNA está centralizada en un repositorio interno en el que cada departamento responsable de un CDE, puede actuar para incorporar datos y actualizarlos. Para difundir al exterior la información geográfica disponen del geoportal IDENA, que siguiendo las

---

<sup>26</sup> [http://www.navarra.es/home\\_es/Actualidad/BON/Boletines/2015/236/Anuncio-0/](http://www.navarra.es/home_es/Actualidad/BON/Boletines/2015/236/Anuncio-0/)

especificaciones de INSPIRE, da acceso a los usuarios mediante servicios web de visualización y descarga. Además, los datos están incorporados en el portal OpenData del gobierno.

Para el tratamiento y consulta de la información geográfica disponen de una gran variedad de herramientas de software que permiten realizar todo tipo de funciones. La gama de productos, muchos de ellos realizados en software libre, dota al sistema de una capacidad muy interesante en un entorno corporativo.

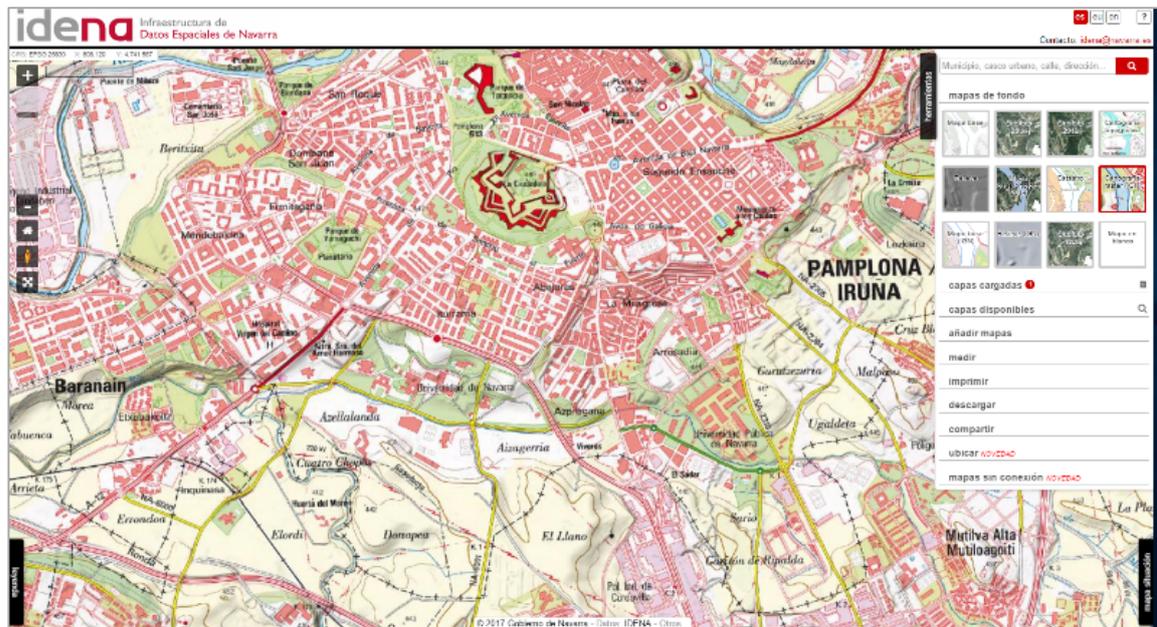


Figura 3-22 Aplicación de visualización principal del IDENA (<https://idena.navarra.es/>)

### Normas y estándares

El SITNA ha estado trabajando estrechamente en varias de las iniciativas de INSPIRE (CROSS-SIS, GRISI y Nature SDIPlus) para el diseño y adaptación de especificaciones que luego fueron aprobadas. También han desarrollado varios proyectos europeos para la armonización de datos en este sentido (EURADIN y HLANDATA).

### Resumen

El SITNA funciona como un órgano coordinador y aglutinador. Es un SIG corporativo con todas sus capacidades, integrado perfectamente en el gobierno regional y con capacidad para atender la demanda de una administración moderna. En el análisis realizado sólo se echan de menos aspectos relacionados con la información, en cuanto a su plan de producción, modelos de datos y medidas de calidad pero que ya se están solventando gracias a la redacción de un Plan Cartográfico.

### 3.4.8 Andalucía

Esta región española fue una de las pioneras en la organización y gestión de la información del territorio utilizando sistemas de información geográfica. En 1984 el departamento con responsabilidad medioambiental de la Junta de Andalucía empezó a desarrollar un programa de trabajo relativo a la recolección, coordinación y búsqueda de la coherencia de la información relativa al estado del medio ambiente y los recursos naturales en la Comunidad Autónoma de Andalucía (Moreira Madueño, 2006). Este programa permitió, a través del SinambA (Sistema de Información Ambiental de Andalucía), establecer la información básica sobre la que apoyarse para la toma de decisiones y la planificación ambiental en la Comunidad Autónoma, integrando todos los esfuerzos de creación de información especializada relativa al medio ambiente.



Figura 3-23 Situación de Andalucía en el contexto de su país.

Más tarde, se comenzaron a poner en marcha SIGs en diferentes departamentos (agricultura, obras públicas, pesca, etc.). Fruto de su progresiva incorporación temporal, llegaron a coexistir diferentes SIG, más o menos integrados en los sistemas de gestión de los departamentos administrativos que los desarrollaron, si bien fueron creados con criterios y herramientas dispares, con datos generalmente no sujetos a estándares y con escasa interoperabilidad. (Junta de Andalucía, 2008). Con el desarrollo de las TIC y la aparición de INSPIRE, se pensó en migrar estos sistemas a una estructura modular que facilitase su evolución futura, además de construir una herramienta donde hubiese espacio para la correspondiente asignación de responsabilidades y la mejora de la interoperabilidad. Algunos departamentos empezaron a adaptar sus sistemas internamente. Por otro lado, se creó un repositorio de datos corporativo, empezó a funcionar la IDE de Andalucía y se desarrolló el Sistema de Información Geográfica Corporativo de la Junta de Andalucía con el objetivo de definir un marco de desarrollo y elaborar una serie de herramientas y servicios horizontales que sirven de referencia a aquellos organismos que desean abordar trabajos y proyectos relacionados con este tipo de sistemas.

#### Organización y coordinación

Esta tarea es realizada por el Consejo Andaluz de Estadística y Cartografía, que tiene como funciones:

- a) Actuar como órgano de información, consulta y asesoramiento de la Administración de la Junta de Andalucía en el desempeño de las funciones de coordinación, programación y elaboración de la producción cartográfica autonómica.
- b) Promover la cooperación con los órganos, organismos y entidades competentes en la materia, respecto de la cartografía relativa al territorio de la Comunidad Autónoma.
- c) Conocer e informar del proyecto de Plan Cartográfico de Andalucía.

Este órgano coordina todos los aspectos relativos a la información geográfica, pero los departamentos siguen teniendo sus sistemas de información independientes. Se echa en falta

una estrategia que permita ver este SIG corporativo como una unidad y no como elementos aislados que comparten datos.



Figura 3-24 Geoportal de la IDE de Andalucía (<http://www.ideandalucia.es/>)

### Coordinación intra-gubernamental

Entre los diferentes proyectos hay varios niveles de coordinación. Disponen de una Comisión Cartográfica en cada una de las Consejerías, coordinada por la Comisión Interdepartamental Estadística y Cartográfica, que es el órgano colegiado interdepartamental con funciones de decisión, impulso y coordinación en materia cartográfica de la Administración de la Junta de Andalucía.

### Marco legal y financiación

El instrumento legal que regula la información geográfica en esta región es el Decreto 141/2006, de 18 de julio, por el que se ordena la actividad cartográfica en la Comunidad Autónoma de Andalucía<sup>27</sup>. En este decreto se define un nuevo modelo de organización y se concretan los principios de una política cartográfica. Posteriormente, otro Decreto del Presidente, 6/2011 de 9 de mayo de 2011, asigna a la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia las competencias en materia de cartografía e información geográfica, que hasta la fecha tenía atribuidas la Consejería de Obras Públicas y Vivienda, justificando este cambio con razones de economía, eficacia, eficiencia y compatibilidad, y a la necesidad de concentrar la actividad estadística y cartográfica en un solo organismo.

<sup>27</sup> [http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/icagen/leyes/Decreto141\\_2006.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/icagen/leyes/Decreto141_2006.pdf)

## Datos

El Plan Cartográfico de Andalucía (Junta de Andalucía, 2008) es el marco de referencia de las iniciativas y actuaciones que la Junta de Andalucía lleva a cabo en materia de cartografía e información geográfica durante su periodo de vigencia. Establece los objetivos, las estrategias y las líneas de actuación sobre cartografía e información geográfica de la región.

Dentro del plan está prevista la creación de un conjunto de normas para pautar los diferentes aspectos de la producción y uso de la información. Dentro de estas normas se incluye la definición de especificaciones de producto para los distintos tipos de datos. También define lo que considera datos fundamentales e impone las medidas para asegurar su producción (mapa topográfico, ortofotografía, usos del suelo y vegetación, modelos de elevaciones y cartografía urbana). Además, incluye la relación de datos de los anexos de INSPIRE y asegura su producción y mantenimiento.

Para asegurar la calidad de los datos, están redactando un conjunto de normas orientadas a la evaluación de los componentes que definen la calidad de la información cartográfica con vistas a determinar si cumplen con las especificaciones.

## Metadatos

Para describir los datos utilizan las especificaciones que impone INSPIRE según el perfil español NEM. El catálogo dispone de abundantes registros y presenta una buena definición. Sin embargo, el acceso a los datos desde estos registros es complejo.

## Arquitectura tecnológica

Los aspectos tecnológicos están definidos en el proyecto Sistema de Información Geográfica Corporativo (SIGC), cuyo objetivo es facilitar los mecanismos de acceso a sistemas, aplicaciones, herramientas, datos y servicios espaciales existentes. Así mismo, es objeto del SIGC asegurar la independencia tecnológica, aportando soluciones basadas en el uso de estándares que favorezcan la integración de sistemas. Sus tres objetivos básicos:

1. Cubrir necesidades insatisfechas de carácter horizontal relacionadas con el tratamiento automatizado de la IG en el seno de la Junta de Andalucía.
2. Proporcionar una arquitectura SOA, con geoservicios interoperables para el uso de todos los departamentos de la organización.
3. Promover y desarrollar software libre y abierto de aplicación geográfica para la Junta de Andalucía.

Dentro de esta arquitectura, los diferentes sistemas departamentales comparten su información en servicios web que también funcionan hacia el exterior como IDE. Las aplicaciones que proporciona el SIG corporativo son muy variadas y permiten a los diferentes departamentos disponer de potentes utilidades para la captura, mantenimiento y consulta de datos.



Figura 3-25 Página web del Repositorio de software de la Junta de Andalucía  
<http://www.juntadeandalucia.es/repositorio/usuario/listado/fichacompleta.js?link=1&idProyecto=679> (enero 2017)

## Normas y estándares

La Comisión Técnica Estadística y Cartográfica está elaborando un conjunto de Normas Técnicas Cartográficas de Andalucía (NTCA)<sup>28</sup> muy completo. Está prevista la elaboración de cerca de 60 disposiciones orientadas a la normalización de la información geográfica, tanto productos como servicios, para asegurar el rigor técnico, la implantación de procesos de calidad, la transparencia y la simplificación, en todo el proceso de elaboración y difusión. Estas normas están alineadas con las políticas y estrategias superiores que tienen como finalidad garantizar la interoperabilidad. Han tenido en cuenta las experiencias normativas de otras instituciones, tanto generales como propias del sector cartográfico. Hay 8 NTCA aprobadas definitivamente, que lo fueron en la sesión de la Comisión Interdepartamental Estadística y Cartográfica celebrada el 23 de septiembre de 2011, y un total de 29 NTCA en redacción.

## Resumen

El uso de los sistemas de información geográfica desde casi la creación de este nivel de gobierno en la región, hace que su uso sea generalizado entre sus departamentos. Es probable que dicha generalización del uso sea la razón por la que, disponiendo de todos los componentes que forman un SIG corporativo, no llegan a tener un proyecto sólido y homogéneo. Intervienen muchos actores, pero no hay uno que dirija la situación. Probablemente se eche en falta la elaboración de una estrategia que sea capaz de unir todo el trabajo desarrollado. Cabe destacar su proyecto de creación de normas y el desarrollo de las aplicaciones corporativas.

<sup>28</sup> <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia./ieagen/sea/ntca/estado.htm>

### 3.5 Análisis comparativo.

Tras la revisión detallada de cada uno de los instrumentos elegidos por estas ocho regiones para gestionar sus datos territoriales, vamos a proceder a realizar la comparativa de los elementos más significativos, su funcionamiento y el nivel de desarrollo. Cada caso particular nos puede aportar una visión diferente y puede servir de mucha ayuda a la hora de ajustar el diseño de SIG corporativo que se pretende desarrollar en este trabajo.

Antes de comparar los resultados obtenidos en el estudio sobre los diferentes aspectos de los sistemas de información elegidos, vamos a hacer un breve repaso de las particularidades de cada sistema de información en cuanto a su territorio, población y configuración administrativa.

#### 3.5.1 Características socioeconómicas y administrativas

Los casos de estudio elegidos pertenecen a iniciativas que destacan de una manera u otra en su contexto. Sin embargo, en cuanto a las características socioeconómicas podemos ver que se trata de territorios muy diferentes.

	Nivel Adm.	Superficie	Población	Densida pobl.	PIB per capita	Gob. Locales
Valonia	Región	16.844 km <sup>2</sup>	3,6 mill hab	213 hab/km <sup>2</sup>	32.000 €/hab	262 mun.
Ren. Norte-West.	Región	34.084 km <sup>2</sup>	<b>17,9 mill hab</b>	<b>524 hab/km<sup>2</sup></b>	30.000 €/hab	396 mun.
Bretaña	Región	27.209 km <sup>2</sup>	3,3 mill hab	120 hab/km <sup>2</sup>	21.600 €/hab	<b>1.268 mun.</b>
Victoria	Región	227.416 km <sup>2</sup>	5,6 mill hab	25 hab/km <sup>2</sup>	32.900 €/hab	79 mun.
Nueva Zelanda	País	268.680 km <sup>2</sup>	4,5 mill hab	17 hab/km <sup>2</sup>	30.000 €/hab	67 mun.
Alberta	Provincia	<b>642.317 km<sup>2</sup></b>	3,6 mill hab	6 hab/km <sup>2</sup>	<b>43.979 €/hab</b>	248 mun.
Navarra	Región	10.391 km <sup>2</sup>	0,6 mill hab	61 hab/km <sup>2</sup>	30.800 €/hab	272 mun.
Andalucía	Región	87.268 km <sup>2</sup>	8,4 mill hab	96 hab/km <sup>2</sup>	18.500 €/hab	776 mun.

Tabla 3-3 Datos socioeconómicos más significativos de cada región.

En cuanto a las dimensiones del territorio que gestionan, hay una gran diferencia entre el tamaño de las regiones europeas y las correspondientes en Canadá o Australia, que son unas diez veces mayores en superficie que el tamaño medio europeo. El caso de Nueva Zelanda, al tratarse de un país, también es mayor, pero no a esos niveles. Sin embargo, la población que abarcan si es similar en casi todas las comparadas, entre 3 y 5 millones de habitantes. Sólo destaca Renania del Norte-Westphalia por arriba con sus casi 18 millones y Navarra por abajo con menos de 1 millón.

En términos económicos, tenemos dos niveles en los casos estudiados: las que podríamos considerar ricas o de nivel económico alto, con un producto interior bruto por habitante (PIB per cápita anual) por encima de 30.000€/año, y las que se situarían en un nivel medio, con un PIB alrededor de los 20.000€/año. Entre las primeras destaca Alberta, con una enorme cantidad de recursos naturales, su PIB supera los 40.000 €/año. La siguen Victoria, Valonia, Renania del Norte-Westphalia y Nueva Zelanda con un PIB muy similar en torno a 30.000 €/año. En el otro grupo con menor capacidad económica quedan Bretaña y Andalucía.

Otro indicador que es interesante comparar para valorar la capacidad de gestión del sistema es la estructura de la administración en el territorio. En todos los casos, las administraciones locales intervienen o son usuarios de alguna manera del SIG corporativo o IDE. En las regiones

Europeas, la cifra en casi todas las regiones oscila entre 250 y 400 municipios. Sólo Andalucía con un territorio extenso se acerca a 800 ayuntamientos y Bretaña, en un país con una organización territorial diferente, que sobrepasa las 1200 autoridades locales. En Oceanía, aunque son territorios grandes, como la población es reducida, el número de gobiernos locales o similar está alrededor de 70. En el caso de Canadá, la suma de diferentes organizaciones locales (ciudades grandes, municipalidades rurales, villas y municipalidades especiales) es de 248.

A grandes rasgos están son las tipologías definitorias de las regiones incluidas en los casos de estudio. El tamaño del territorio, la población residente en él, su nivel económico y la estructura de la administración nos permiten tener una idea de los servicios y funcionalidades que debería tener el sistema de información de su información geográfica.

### 3.5.2 Valores asignados a los indicadores

En cada uno de los casos analizados, además de hacer un recorrido por sus componentes, relatar su proceso de implantación y comentar su funcionamiento, se valorado el estado de implantación y operatividad de cada componente. En la tabla 3.4 se resume la asignación del valor a cada uno de los indicadores según el estudio realizado:

	VAL	REN	BRE	VIC	NZE	ALB	NAV	AND
<b>Organización y coordinación</b>								
Órgano de coordinación	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Documento de referencia	SI	SI	Par.	SI	SI	Par.	SI	NO
Operatividad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Alta
Comunidades de usuarios	PPub.	Emp.	Soft.	Emp.	NO	NO	NO	NO
Evaluación y seguimiento	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI
<b>Coordinación intra-gubernamental</b>								
Órgano de coordinación interno	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI
Con otras iniciativas de gobierno	NO	SI	SI	Par.	SI	SI	SI	SI
<b>Marco legal y financiación</b>								
Instrumento legal	SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI	SI
Instrumento de financiación	Red.	SI	SI	NO	NO	NO	SI	Par.
Política de acceso a datos	SI	SI	SI	SI	SI	Red.	SI	SI
Medida del impacto econ. y social	Par.	SI	NO	NO	SI	NO	Par.	NO
<b>Datos</b>								
Producción normalizada	SI	SI	Par.	Med.	SI	SI	Red.	SI
Especificaciones de producto	Par.	Par.	Par.	SI	Par.	Par.	Par.	SI
CDE fundamentales	Par.	Par.	Par.	SI	SI	Par.	NO	SI
Medición de la calidad datos	Par.	NO	Par.	SI	NO	NO	Par.	Par.
<b>Metadatos</b>								
Disponibilidad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Acceso a los datos	SI	SI	SI	Par.	SI	SI	SI	NO
<b>Arquitectura tecnológica</b>								
Servicios web	SI	SI	SI	Med.	SI	SI	SI	SI
Descarga de datos	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Aplicaciones web	SI	SI	SI	Med.	NO	SI	SI	SI
Aplicaciones corporativas	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI
<b>Normas y estándares</b>								
Nivel de uso de los estándares	Alto	Alto	Med.	Med.	Alto	Med.	Alto	Alto
Normas de funcionamiento	NO	SI	SI	SI	Par.	Par.	SI	SI

Tabla 3-4 Resultado de la valoración de cada indicados en cada una de las regiones

Hemos otorgado tres valores: el valor “Existe/Funciona” para cada indicador que esté desarrollado y/o está funcionando el componente, documento o aspecto en cuestión; otro valor llamado “Desarrollo parcial”, si el componente o aspecto que indica está en proceso de implementación, en redacción o no funciona plenamente; y para el caso de no encontrar datos sobre ese indicador, bien porque no funcione o la documentación utilizada no lo mencione, se pone “No disponible”.

Para resaltar gráficamente los valores, se ha asignado un color azul oscuro para los indicadores con el primer valor. Para el valor intermedio se ha escogido un color azul celeste, y en blanco para el tercer valor. El análisis de los datos que observamos en la tabla 3-4, vamos a realizarlo por agrupación de componentes para así comparar cada iniciativa en los mismos aspectos.

### Organización y coordinación

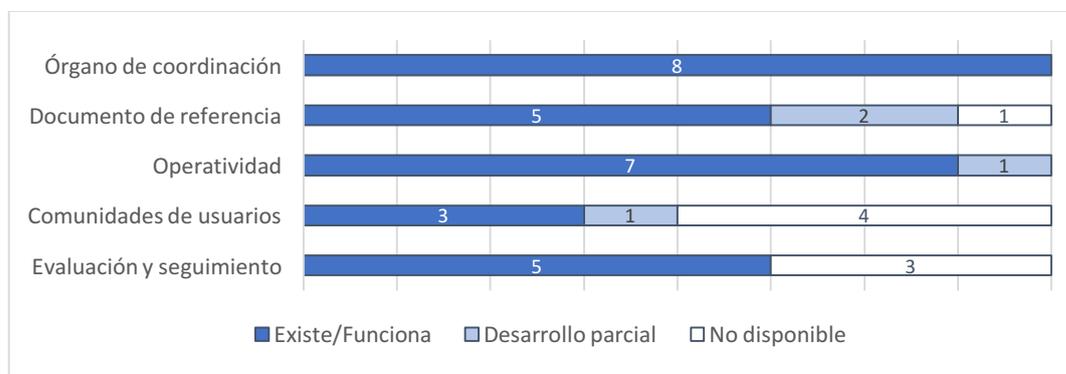


Figura 3-26 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Organización y coordinación.

En todos los casos hemos encontrado un organismo que lleva a cabo las labores organizativas. Este indicador, junto con el que valora su operatividad, no nos dice mucho puesto que era algo que ya suponíamos al elegir el SI para su estudio; pero lo que si queremos valorar es su poder para realizar este trabajo tan importante. Destacan los casos de Navarra y Nueva Zelanda, que son bastante operativos y están muy bien integrados en el gobierno. El resto de los casos son muy similares, excepto Alberta y Bretaña, que ofrecen más dudas sobre su capacidad de determinar el funcionamiento del SIG corporativo. El sistema de Alberta es de reciente creación, por lo que no se dispone de muchos datos para evaluarlo. Por el contrario, Bretaña tiene el problema de su estructura de gobierno donde, al faltar prácticamente el nivel regional, carece de autoridad.

El segundo indicador es la presencia o ausencia de un documento de referencia que marque las líneas estratégicas a seguir en la implantación del SIG corporativo. Casi todas las regiones disponen de este texto, más o menos específico. En Alberta y Bretaña, son documentos pobres, sin líneas estratégicas claras. En Andalucía no se dispone de él, pero solventa su ausencia con una gran presencia de comisiones y grupos de trabajo.

En relación a las comunidades de usuarios o similares, los encontramos en los tres casos europeos fuera de España. Mayoritariamente están compuestas por empresas que participan en el desarrollo de la IDE, prestando servicios de valor añadido sobre la información geográfica

que ofrecen al gobierno regional. En los SI de nuestro país no se cuida ese aspecto. En la administración predomina la idea de que el dato es interno y sólo vale para enseñarlo en aplicaciones simples de visualización. El funcionamiento de estas comunidades no solo otorga nuevos usos a los datos geográficos, sino que sirve a los gobiernos para conocer qué información es más importante para los ciudadanos y donde se debe invertir más a la hora de gestionar su mantenimiento. En los caos fuera de Europa, sólo se tiene en cuenta este aspecto en Victoria, con un funcionamiento similar, pero con menos operatividad.

La evaluación y el seguimiento de las actuaciones de cada sistema se lleva a cabo en la mitad de los casos y coincide con la mayor parte de las regiones que han ofrecido una mejor nota en esta valoración.

### Coordinación intra-gubernamental

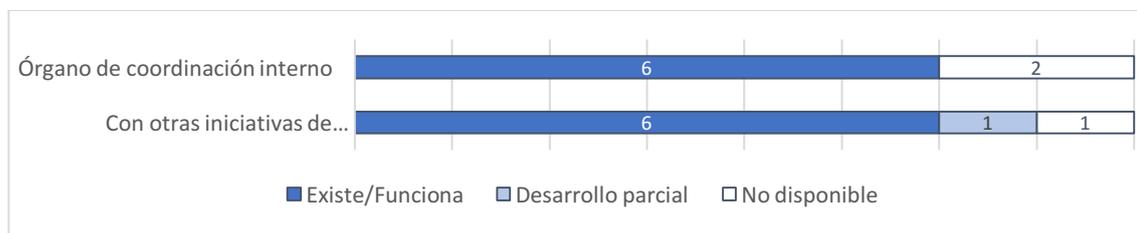


Figura 3-27 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Coordinación intra-gubernamental.

Este es el grupo de indicadores que podría reflejar el aspecto más corporativo del sistema. Prácticamente todos sacan buena nota en los puntos valorados. El caso que más llama la atención es Victoria, que sigue buscando la solución para conseguir ese funcionamiento corporativo entre todos los departamentos del gobierno, y eso que se trata de una de las regiones pioneras en el mundo en la implantación de los SIG en el gobierno.

### Marco legal y financiación

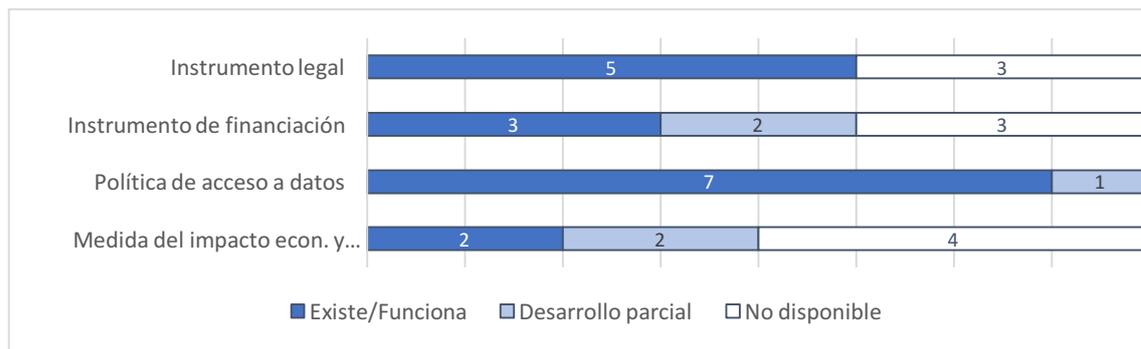


Figura 3-28 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Marco legal y financiación.

La existencia de marcos legales para soportar la implantación y desarrollo del SIG corporativo o IDE regional la encontramos en 6 de los 9 casos estudiados. Excepto en Nueva Zelanda, que las atribuciones legales al sistema están repartidas en las diferentes legislaciones sectoriales, en

los demás casos en los que existe el marco legal se trata de un decreto o similar que regula el funcionamiento y traslada los requerimientos de INSPIRE al gobierno regional. No hay instrumento legal en Bretaña (falta de gobierno regional), Alberta (reciente creación) y Victoria (demandado desde hace varios años de manera interna).

El instrumento de financiación es menos común. Sólo está disponible en tres casos; el resto recibe el presupuesto del organismo que sustenta el sistema.

En cuanto a la política para el uso y difusión de la información, en todos los casos se dispone de una normativa que regula este aspecto. Lo contrario ocurre con las medidas de la repercusión económica y social de la implantación del SI. Sólo Renania y Nueva Zelanda dan importancia al retorno a la sociedad de las actuaciones con la información geográfica. Navarra y Valonia tienen algo parecido, pero sin desarrollar demasiado.

## Datos

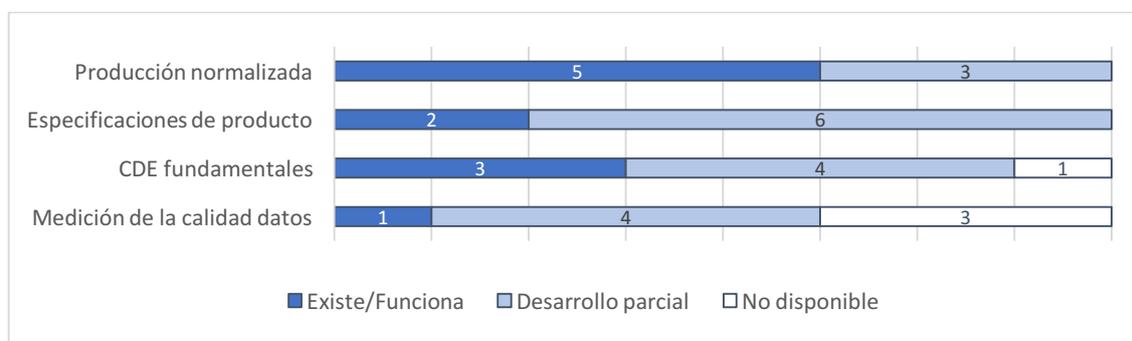


Figura 3-29 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Datos.

En líneas generales este es el grupo de indicadores que peor resultado ha obtenido junto con el anterior referido al marco legal. Está claro que sin datos no hay SIG corporativo, por eso aquí hemos sido más exigentes. Nos sólo se evalúa la disponibilidad de información, sino que se ha querido detectar la interoperabilidad que ofrecen los propios datos mediante la existencia de una producción de datos normalizada, el uso de modelos de datos adaptados a las normas y la medida de la calidad de esos datos.

En este aspecto destacan, pero con poca ventaja, Andalucía y Victoria. Son las dos regiones en las que más se ha trabajado para conseguir la interoperabilidad de la información. Otro dato a destacar en este apartado es que, excepto Andalucía, en todos los demás casos, el sistema en cuestión gestiona los datos de la propiedad de la tierra (catastro). Normalmente este hecho dota al organismo responsable de mayores competencias y por lo tanto de mayor presupuesto para su desarrollo. En algunos casos son competencias transferidas desde los municipios (Renania, Bretaña o Valonia) y en otros son atribuciones del gobierno regional o nacional.

## Metadatos

Poco hay que comentar en este apartado, ya que todas las regiones disponen de metadatos perfectamente normalizados. Señalar que en los casos europeos, están adaptados a INSPIRE.

En Oceanía cumplen con la especificación de ANZLIC que también es ISO 19115, y en Canadá, que usaban el modelo de FGDC, están migrando a la norma NAP que también es ISO19115.

Los catálogos que permiten la consulta de estos metadatos disponen de bastantes utilidades de acceso a los propios datos en la mayor parte de los casos.

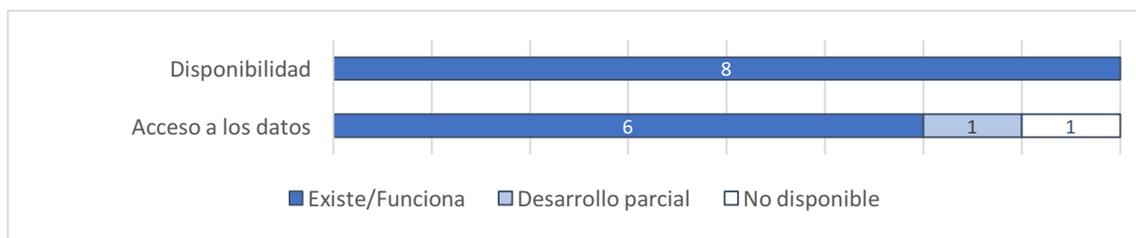


Figura 3-30 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Metadatos.

Los catálogos que permiten la consulta de estos metadatos disponen de bastantes utilidades de acceso a los propios datos en la mayor parte de los casos.

### Arquitectura tecnológica

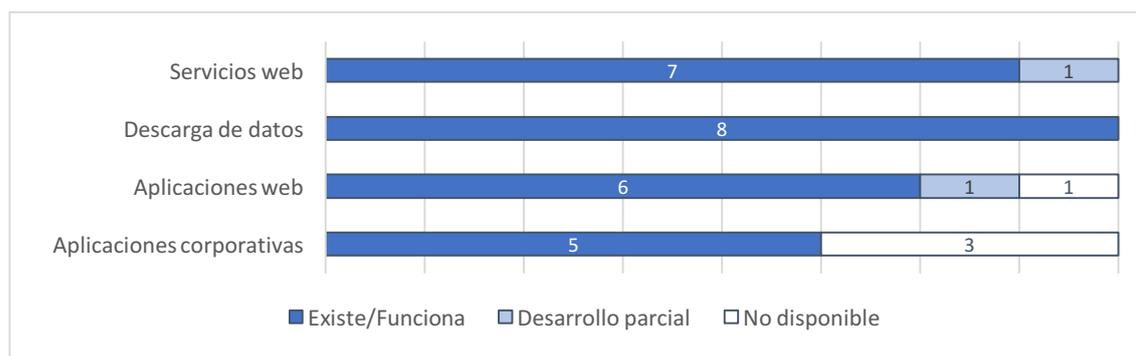


Figura 3-31 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Arquitectura tecnológica.

Las características tecnológicas de los sistemas de información valorados comparten muchas similitudes e indican el estado actual de la técnica en ese campo. Todos ellos han adoptado las arquitecturas distribuidas y orientadas al servicio y están gestionando una transición entre muchos sistemas SIG con diferentes unidades de negocio hacia un sistema corporativo o IDE compartida. Los servicios en todos los casos están basados en OGC y disponen buenos metadatos que unen los conjuntos de datos y aplicaciones existentes.

Los SI europeos sacan ventaja a los estudiados en el resto del mundo. Las aportaciones de INSPIRE son esenciales en este punto. Se ha realizado un gran esfuerzo tecnológico para engarzar las diferentes especificaciones de OGC con las normas ISO.

## Normas y estándares

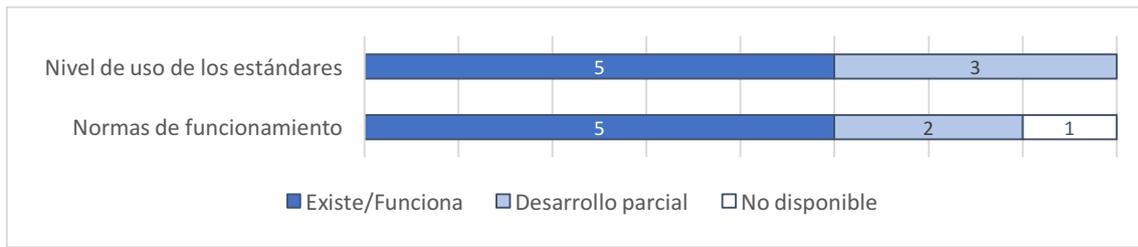


Figura 3-32 Gráfico que contabiliza los valores que toma cada indicador del grupo de Normas y estándares.

Este indicador es otro en el que coinciden los sistemas que parecen más desarrollados. En Renania, Nueva Zelanda, Navarra, Andalucía y Valonia está extendido el uso de normas y estándares en prácticamente todos los componentes del SI. El resto de las regiones, solamente los aplican en los servicios web y en algún elemento puntual.

En cuanto a normas de funcionamiento para los usuarios del sistema, Valonia es la única región que no dispone de ellas. Las demás, más o menos, utilizan documentación para este fin y está disponible en los puntos de acceso a sus aplicaciones.

### 3.5.3 Resumen de los resultados

En primer lugar, hemos analizado el funcionamiento detallado y por separado de cada sistema para pasar posteriormente a comentar los aspectos más destacados, tanto por su presencia como por su ausencia. Proponemos otra forma de analizar los casos de estudio entre sí mediante la asignación de valores a cada uno de ellos y contabilizando su suma. En el siguiente gráfico hemos sumado por separado los valores asignados al número de componentes según su grado de funcionamiento:

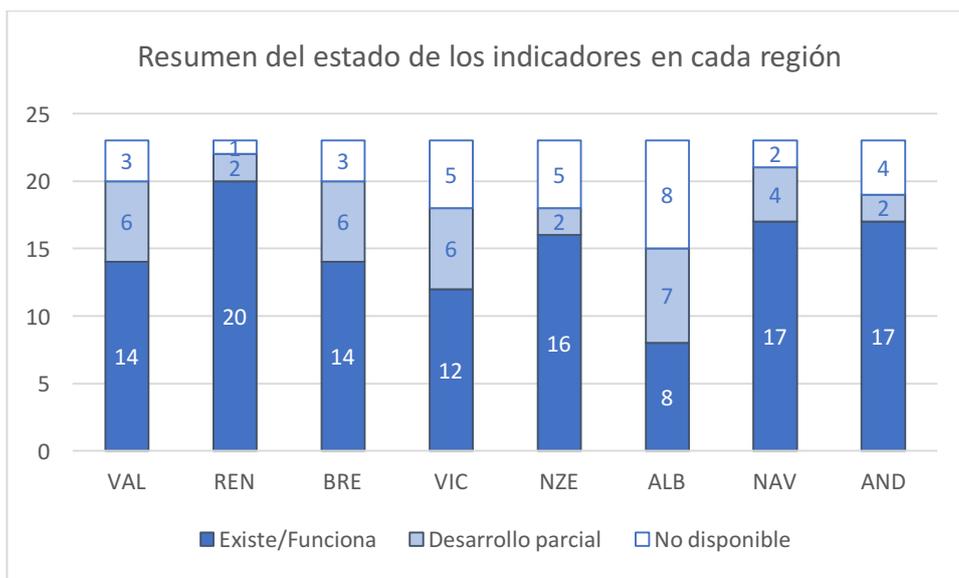


Figura 3-33 Gráfico que refleja el número de indicadores de cada valor que han sido contabilizados en cada caso revisado.

A primera vista podemos observar que la región de Renania del Norte-Westphalia tiene implantado un instrumento para la gestión de la información geográfica que prácticamente cumple con todos los indicadores analizados. Otro grupo con Navarra, Nueva Zelanda y Andalucía, alcanzan un nivel muy bueno en elementos existentes o en funcionamiento, pero siendo la comunidad foral de Navarra la que más se acerca a los alemanes. Seguimos con Valonia, Bretaña y Victoria que se encuentran en un nivel operativo un poco inferior debido al mayor número de elementos en desarrollo parcial. Y claramente en un nivel inferior de desarrollo se encuentra Alberta. Ya comentamos que al ser un proyecto en construcción, los indicadores lo valoran de esa forma.

Esta valoración cuantitativa coincide casi en su totalidad con la apreciación que hemos obtenido al realizar el estudio pormenorizado de cada caso. Sólo el caso andaluz obtiene una valoración distinta en esta suma, consiguiendo un valor inferior al que sugiere su estudio. La falta de un documento de referencia, la ausencia de una medición del impacto económico y social del sistema y la desconexión de los metadatos con sus recursos hacen que la puntuación sea inferior a sus funcionalidades reales operativas.

### 3.6 Aspectos destacables de los sistemas estudiados

Como síntesis aplicable de este repaso del funcionamiento de los instrumentos utilizados en esas nueve regiones para administrar y difundir los datos geográficos, vamos a concretar a continuación los componentes que, en nuestra opinión, serían los óptimos para la construcción de un SIG corporativo moderno que maneje las funcionalidades necesarias para un gobierno a nivel sub-nacional.

En los aspectos relativos a **Organización y coordinación**, el Sistema de Información Territorial de **Navarra** es un ejemplo de gobernabilidad debido a la participación a dos niveles de los departamentos del gobierno que lo conforman. Además, dispone de presupuesto de funcionamiento propio y acciones de evaluación y seguimiento de sus acciones. También es destacable el **Land Information New Zealand** por su integración dentro del gobierno y su capacidad para coordinar al resto de los organismos.

En cuanto a la implicación de comunidades de usuarios y agentes externos al gobierno, la **GDI.NRW** de Renania del Norte-Westphalia cuenta, desde sus inicio, entre sus principales objetivos el desarrollo y fortalecimiento del sector empresarial dedicado a tareas geomáticas de manera que se genera valor añadido a la información geográfica. Además, están presentes los órganos de coordinación de la iniciativa.

Los **instrumentos legales** usados en estas regiones son muy similares, exceptuando Nueva Zelanda que no tiene uno propio para el sistema, pues las competencias las reparte en la legislación sectorial. Los cinco restantes tienen la figura de un decreto o similar.

Los trabajos de elaboración de **normas** propias en consonancia con los estándares internacionales en **Andalucía** son únicos entre estos casos de estudio y merece la pena tomar su ejemplo para diseño de un futuro SIG corporativo.

La **armonización de modelos de datos** existentes en la administración local para producir información con gran detalle y, después utilizarla a nivel regional, es un trabajo muy interesante realizado en **Renania** y **Valonia**. Han conseguido dotar de interoperabilidad a la información a expensas de los propios sistemas.

Observar la elaboración de los marcos de trabajo sobre **información geográfica** de **Victoria** y **Nueva Zelanda** es muy interesante a la hora de consolidar el aspecto más costoso de una iniciativa para la gestión de la información geográfica. La definición de los conjuntos de datos fundamentales, de su producción, de su almacenamiento y de las políticas de acceso a los mismos son trabajos que se han dejado de lado en Europa, a expensas de los que determine INSPIRE. Esta directiva se ha inhibido de la producción de los datos y aunque ha definido unas especificaciones de datos muy completas, los países están un poco perdidos en la manera de producir la información.

En cuanto a **Tecnología y Aplicaciones**, ocurre lo contrario: el referente son las iniciativas europeas. El SIG corporativo de **Andalucía** ha elaborado un conjunto de aplicaciones modulares muy completas, que usan estándares abiertos y están a disposición de cualquier usuario. Lo mismo ocurre con la aplicación *geOrchestra*, salida de la iniciativa de **Bretaña**, que ahora se utiliza en varios países del mundo.

Para finalizar, cabe destacar la puesta en valor de la geomática que declara el documento estratégico de **Valonia** que la define como disciplina imprescindible para la toma de decisiones públicas y privadas; determinante para generar una masa crítica de usuarios de los productos de información geográfica; y necesaria para proporcionar un mercado para las empresas y aumentar la inversión pública (Département de la Géomatique, 2014).

### 3.7 Conclusiones

Desde su creación, las ocho regiones analizadas en este capítulo han progresado de manera significativa en la utilización compartida de la información geográfica. Esto se ha llevado a cabo gracias a la puesta en marcha de sistemas, bien llamados SIG corporativos o infraestructuras de datos espaciales, diseñados para hacer más fácil la toma de decisiones y la aplicación de las políticas de los gobiernos regionales. En los países que tienen una estructura de gobierno federal o similar, es decir, que sus regiones o estados disponen de administraciones con grandes competencias, estos sistemas son esenciales. Estas competencias suelen estar en las áreas de gobierno de ordenación del territorio, de política medioambiental, propiedad de la tierra y gestión de recursos naturales. Para gestionar estas políticas es esencial disponer de buena información, que sea valiosa y esté actualizada.

La información geográfica es muy cara de obtener y de mantener. Por tanto, todas las acciones destinadas a la reutilización de la información, a evitar duplicidades en las capturas de datos, a acceder de forma rápida y sencilla a los productos cartográficos y, sobre todo, a permitir que la población tenga acceso directo a la misma, son fundamentales para estos gobiernos. Por ellos, es preciso disponer de efectivos y óptimos sistemas de información que ayuden a realizar estas acciones.

En muchos de los sistemas estudiados, se pasa del SIG corporativo a la IDE manteniendo prácticamente la misma forma de funcionamiento. En las iniciativas más modernas, directamente se comienza el proyecto denominándolo IDE, aunque, en el momento en que se evalúa su funcionamiento se comprueba que se trata, en realidad, de un sistema de información geográfica corporativo. Como hemos visto en capítulos anteriores, se puede decir que un sistema corporativo trabaja en base a una gestión coordinada de sistemas departamentales o unidades de negocio. Alguno de estos proyectos que se identifican como IDE, son, en realidad, sistemas corporativos con una entidad principal que proactivamente gestiona toda la información. Los casos de Valonia, Renania o Andalucía estarían encuadrados en este perfil. Por el lado del funcionamiento más corporativo estarían Navarra, Victoria y Nueva Zelanda, que además desarrollaron más tarde un proyecto IDE.

En el caso de Bretaña, sí se podría hablar de IDE directamente, pues la entidad regional no tiene prácticamente competencias en materia territorial y no produce ni gestiona datos. En este caso juega un papel determinante en la coordinación para evitar duplicidades y ganar en eficiencia de cara al ciudadano. Alberta es la región que cuenta con un sistema más indefinido que, como está en desarrollo todavía, resulta difícil definir en qué perfil encaja mejor. Se puede pensar que es un caso más parecido a los primeros que nombramos.

A modo de conclusión, tras el estudio realizado y vista la evolución de los diferentes sistemas, componentes y demás elementos a lo largo del tiempo, podemos determinar las siguientes tendencias:

- El desarrollo de los marcos legislativos es esencial en el funcionamiento de una iniciativa de este tipo.
- Los países europeos, gracias al establecimiento de los principios, reglas y pautas definidas de la Directiva INSPIRE, están llevando la iniciativa a nivel mundial. Países avanzados en el campo de la información geográfica como EEUU Canadá, Australia y Nueva Zelanda se están fijando en los proyectos europeos para incorporar determinados aspectos a sus planes.
- Las iniciativas que incorporan bajo su coordinación los datos y servicios a nivel local, adquieren una mayor fortaleza y consiguen reducir los costes de producción de la información.
- En los países con sistemas de información regionales, las IDEs nacionales ejercen una labor coordinadora y aglutinadora.
- En la evolución de los proyectos, es imprescindible llegar a acuerdos sobre la utilización y mantenimiento de los conjuntos de datos de referencia comunes.
- Los avances tecnológicos van rápido y hay que pensar en la incorporación de las nuevas tecnologías emergentes (Ej, *cloud computing*, *linked data*, etc.) y de nuevas normas.
- Las políticas de datos abiertos están jugando un papel más prominente. Ahora es impensable no poner datos a disposición de los usuarios externos.
- El sector empresarial relacionado con la geomática debe estar presente en los órganos de coordinación.
- Es muy importante seguir reduciendo el tiempo y los costes en la búsqueda y acceso a datos de otras organizaciones.

No podemos finalizar este análisis sin hacer hincapié en dos conceptos que han aparecido en los documentos estratégicos manejados y que sería de gran utilidad e interés, que se extendiera su uso a la hora de calificar y diferenciar a las regiones, gobiernos e incluso a sus ciudadanos en relación al uso de la información del territorio. Los escribimos en inglés, su lenguaje original, ya que su traducción al español las situaría fuera de este contexto

- **Spatial enablement** (capacitación espacial) se puede decir esto de un gobierno y/o de una sociedad donde la información geográfica se considera como un bien común puesto a disposición de los ciudadanos y las empresas con el fin de fomentar la creatividad y el desarrollo de productos. Para ello, es necesario que los datos sean accesibles y precisos, estén bien mantenidos y sean lo suficientemente confiables para ser utilizados por la mayoría de la sociedad, que no dispone de este conocimiento (Rajabifard, 2008; Wallace, Williamson, Rajabifard, & Bennett, 2006). Utilizado en los documentos estratégicos de Victoria (Australia).
- **Spatial Literacy** (alfabetización geográfica), que definen como “la capacidad de entender los conceptos de representación espacial, emplear la visualización e interpretación apropiadas y extrapolar los conceptos de localización como un marco para entender los datos” (Bednarz & Kemp, 2011). Utilizado en el documento estratégico de la provincia de Alberta (Canadá).

Cualquiera de estos conceptos aplicados a un gobierno nos debería dar una idea de la importancia que le otorgan a la información geográfica en la toma de decisiones.

# 4 Elementos tecnológicos y organizativos en las IDEs

A lo largo de los últimos años, en el contexto de los SIG empiezan a utilizarse conceptos tales como servicios web, metadatos, geoportales o *Webgis*. Esta nueva terminología está directamente relacionada con el desarrollo de las IDEs a principios de este siglo, aunque a veces sea utilizada de una forma inadecuada. El propio concepto de IDE engloba un significado mucho más amplio que ser considerado simplemente la publicación de un servicio WMS o el alojamiento en internet de un visualizador de mapas, conceptos a los que se ve reducido con frecuencia. Las IDEs, consideradas en la actualidad un instrumento esencial para la organización y difusión de datos geográficos, integran una serie de componentes tecnológicos, cada uno de los cuales desempeña una función específica y que, en general, se ajustan en su definición y articulación a normas internacionales.

En la actualidad, gestionar la información geográfica mediante IDEs se ha convertido en una tendencia que se va consolidando con el paso del tiempo en la que instituciones, empresas y demás tipo de organizaciones. Todas ellas están adaptando sus sistemas y sus productos a Arquitecturas de Software que se basan en estos componentes, utilizando para ello las normas, especificaciones y estándares adoptados por la industria geoespacial, los organismos de normalización y las legislaciones específicas.

La finalidad de este capítulo es revisar y analizar los aspectos tecnológicos y organizativos implícitos en el desarrollo de cualquier proyecto de construcción de una IDE, con el fin de fijar criterios sólidos que permitan valorar y tomar decisiones con el fin último de optimizar el uso de estos criterios en el diseño de un Sistema de Información Geográfica Corporativo. En esta revisión, que intentará ser lo más exhaustiva posible, se exploran tanto los elementos y arquitecturas contempladas en las diferentes legislaciones (nacionales e internacionales), como en las normas, estándares, o cualquier otro documento estratégico existente que por su importancia y representatividad se considere con trascendencia en el diseño y construcción de una IDE, especialmente en el entorno europeo.

## 4.1 Arquitectura del sistema y marco de referencia

Podemos considerar que una IDE (capítulo 2) es un sistema para la gestión de información geográfica, y como tal se articula en diferentes subsistemas de información (Béjar, Noguera-Iso, & Muro-Medrano, 2012). El conjunto de todos ellos engloba la tecnología, la organización, el personal y todos los componentes necesarios para la recopilación, procesamiento,

almacenamiento, transmisión, visualización, diseminación y organización de la información de la que es competente y pertenece a su dominio o ámbito de “negocio”.

Para describir estos componentes, sus relaciones y su forma de interactuar, se utiliza el concepto arquitectura en su acepción relacionada con la informática, es decir, la arquitectura de sistemas. Según la norma ISO 15704<sup>29</sup>, una arquitectura es una descripción de la disposición básica y la conectividad de las partes de un sistema (ya sea un objeto físico o conceptual). Por lo general, la arquitectura tiene varios significados dependiendo de su uso contextual:

- Por una parte, nos referimos a arquitectura cuando hacemos una descripción formal de un sistema a nivel de los componentes que guían su implementación.
- Por otra parte, el término arquitectura describe la estructura de estos componentes, sus interrelaciones y los principios y directrices que rigen su diseño y evolución en el tiempo.
- Finalmente nos podemos encontrar el término arquitectura con el sentido de estructura organizativa: ya sea de un sistema o de un componente.

Tradicionalmente el flujo de trabajo en la informática de sistemas pasa, en primer lugar, por pedirle al usuario que defina los requerimientos que va a pedir al sistema, y en segundo lugar, por la adopción de una solución que satisfaga esos requerimientos y resuelva el problema inicialmente planteado.

En nuestro caso, a la hora de diseñar la arquitectura de un sistema de información corporativo, hay que contar con el conocimiento riguroso del problema que se pueda dar dentro de la organización para poder plantear una solución tecnológica. Por lo tanto, es preciso identificar aquellos componentes que se puedan utilizar en el sistema. Por otra parte, se trata de conocer y analizar cuáles son los planteamientos y enfoques con los que los diferentes departamentos o unidades de negocio, dentro de esa organización, afrontan y solucionan sus problemas, siendo estos planteamientos y puntos de vista en algunas ocasiones coincidentes o convergentes. Los elementos que se utilizan para identificar estos componentes comunes son:

- **Principios:** son declaraciones que reflejan las decisiones de diseño clave derivadas de la política y restricciones corporativas. Se establecen en el nivel alto de decisión de la corporación.
- **Estándares:** son normas que, a distintos niveles, regulan procedimientos, interfaces y protocolos que determinan el comportamiento de los componentes clave de la solución. Son elaborados y establecidos fuera de la corporación por otras organizaciones o por la propia industria.
- **Modelos:** son representaciones simplificadas que cobran forma en los documentos y que están compuestos por esquemas, imágenes y simulaciones que ayudan a transmitir los conceptos e implicaciones de los principios y los estándares.

Analizado desde la perspectiva de la información geográfica, para el Consejo de Arquitecturas del OGC (OGC Architecture Board)<sup>30</sup>, una arquitectura es la organización fundamental de un sistema informático y se explicita a través de sus componentes, de las relaciones entre ellos y

---

<sup>29</sup> ISO 15704 Industrial automation systems - Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies (<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15704:ed-1:v1:en>)

<sup>30</sup> OGC Architecture Board - OAB (<http://www.opengeospatial.org/projects/groups/oab>)

con el entorno, así como a través de los principios que guían su diseño y evolución. En este contexto se acuñan dos conceptos: arquitectura base y arquitectura corporativa. El primero se establece al objeto de referenciar a él todos los estándares creados por OGC, siendo este un aspecto primordial en el trabajo de definición de normas, interfaces y recomendaciones dentro de este organismo. El segundo se utiliza en el caso de una organización. De este modo, la arquitectura corporativa (o empresarial, AE) constituye un conjunto de principios y métodos para el diseño y operación de esa organización a través del análisis de su estado actual y de la situación deseada, en los ámbitos de: estrategia, negocio, aplicaciones, datos y tecnología, generando un conjunto de proyectos que harán posible la transformación de la corporación y la consecución de sus objetivos.

La forma de documentar la arquitectura de un sistema de información debe satisfacer distintos propósitos y debe ser lo suficientemente abstracta para que rápidamente sea entendida por las personas que trabajan en el desarrollo del sistema. Pero al mismo tiempo debe ser lo suficientemente detallada para que sirva como un plan para la construcción y el mantenimiento del mismo. Además, tiene que permitir un análisis eficaz de sus componentes en cualquier momento (Clements et al., 2002).

Para describir la arquitectura de un sistema complejo y de grandes dimensiones, que pueda satisfacer las demandas de una organización con una estructura en varios niveles y/o con varios ámbitos de actuación, y un gran número de usuarios, como es el caso de una IDE, se requiere la elaboración de un documento base que sirva de referencia para su diseño, para establecer sus componentes, para determinar su tecnología, para definir los flujos de trabajo y fijar sus estructuras organizativas. Teniendo en cuenta las diferentes dimensiones de una IDE, como la producción de datos espaciales, la accesibilidad a estos datos, la forma de compartirlos, su actualización, normalización y las cuestiones institucionales, es inevitable definir un marco de aplicación integrado y estructurado correctamente (Toomanian & Mansourian, 2009).

Por lo general, se recurre al concepto de Marco de Referencia (*Reference Framework*), aunque en algunas iniciativas se utilizan otras denominaciones para mostrar una descripción similar de su arquitectura: *Reference Model* (Kuhn et al., 2000), *Strategy Framework* (Thomas et al., 2009), *Architecture Description* (GeoConnections, 2005), o *Conceptual Framework* (Nedovic-Budic & Pinto, 1999). El propósito de un documento de esta naturaleza es concretar los componentes generales del sistema con sus requerimientos y definir los pasos necesarios para diseñar los detalles y su funcionamiento. En él se determinan las relaciones entre todos componentes, tanto tecnológicos como organizativos. No deja de ser un documento que describe la arquitectura de un sistema, pero de manera ampliada para poder contemplar todos los aspectos que conviven o que se ven afectados por el sistema de información. Además, proporciona un conjunto de las mejores prácticas, estándares, herramientas, procesos, y plantillas que sirven para la creación de la arquitectura corporativa. Se trata de un documento vivo que puede experimentar cambios evolutivos, pues los modelos de negocio y la tecnología están en continua evolución. En general, el Marco de Referencia contiene los siguientes elementos:

- Vocabulario común, modelos, y taxonomía.
- Catálogo de componentes y prestaciones.
- Los procesos, los principios, estrategias y herramientas.

- Descripción de la arquitectura.
- Líneas de actuación.
- Base de conocimiento que como mínimo está compuesta por guías, especificaciones técnicas, mejores prácticas, modelos y referencias normativas.

Al definir el Marco de Referencia, se establecen bases para la gestión del sistema, y por lo tanto de la información en los diferentes departamentos u organismos participantes del mismo. Otras ventajas derivadas del uso de un Marco de Referencia es que permite estructurar mejor la gestión de toda la infraestructura y proporciona una visión que combina la estrategia, la arquitectura corporativa y los sistemas de información.

## 4.2 Arquitectura tecnológica en las IDEs

Desde el punto de vista tecnológico, para una IDE es fundamental el uso de estándares abiertos. Estos son creados y documentados por los organismos internacionales, siendo el ISO TC/211 y el OGC los que marcan la pauta. Estas organizaciones han definido unos modelos de referencia basados en servicios de información, cuyos componentes estandarizados e interoperables permiten las operaciones más habituales solicitadas por los usuarios de datos geográficos. Con la utilización de estos estándares a nivel internacional, el ámbito de operatividad de una IDE no tiene por qué circunscribirse a un solo país o región, sino que su información se hace interoperable a nivel global. Hablamos siempre desde el punto de vista tecnológico, puesto que, para alcanzar la interoperabilidad plena, también se tiene que tener en cuenta la definición de los datos, que es tan importante como el aspecto tecnológico. En el capítulo 5 nos referimos a este aspecto.

### 4.2.1 Trabajos previos sobre modelos de arquitectura para una IDE

Desde que se empezó a barajar el concepto de IDE, han surgido numerosas propuestas para establecer y discutir cual podría ser la arquitectura ideal para este tipo de infraestructuras. A continuación, se enumeran algunas de ellas, englobándolas en sus publicaciones de referencia:

**Position Paper on Architecture and Standards.**(Smits et al., 2002): este documento es el germen de la arquitectura implantada posteriormente por la Directiva INSPIRE en Europa y refleja la primera postura del grupo que inició los trabajos de la futura IDE europea.

**Modelo de referencia de interoperabilidad especial USA Federal Geographic Data Committee** (Evans, 2003): este documento del FGDC hace referencia a normas y especificaciones necesarias para la interoperabilidad entre servicios de datos geográficos accesibles por Internet. Más tarde, se completó con el *Geospatial Profile*<sup>31</sup>, un recurso de tipo pedagógico que pretendía determinar cómo y dónde se ajustan los medios y enfoques geoespaciales a la arquitectura corporativa.

---

<sup>31</sup> Geospatial Profile of the Federal Enterprise Architecture (FEA), Version 2.0, March 06, 3 2009. <https://www.fgdc.gov/initiatives/resources/geospatial-profile-of-the-FEA-v2-march-2009.pdf>

**Global SDI (GSDI):** en la publicación en *GSDI Cookbook* (Nebert, 2004) se suministra a proveedores y usuarios de información geográfica la información de referencia necesaria para evaluar e implementar los componentes existentes de una IDE. No sugiere una arquitectura en especial, pero identifica mejores prácticas y se remite a los trabajos de ISO y OGC.

**Arquitectura de Canadian Geospatial Data Infrastructure** (GeoConnections, 2005): esta arquitectura está diseñada para permitir la implementación de sistemas que soporten a los proveedores de servicios, a los proveedores de datos y a los desarrolladores de aplicaciones, utilizando componentes interoperables y reutilizables. Se basa en estándares abiertos e interoperables y especificaciones para el intercambio de información.

**Arquitectura de servicios Open Geospatial Consortium** (Whiteside, 2005): Esta es la propuesta de la organización más activa en la creación y desarrollo de normas y especificaciones en el entorno de la información geográfica. Es similar a la norma ISO, pero es tecnológicamente más específica. Se puede decir que es la arquitectura de referencia para el desarrollo de IDEs en este momento.

**ICA Commission on Spatial Data Standards** (Hjelmager et al., 2008): Esta comisión de la Asociación Internacional de Cartografía (ICA) adoptó en 2006 el uso del RM-ODP<sup>32</sup> como marco de referencia para desarrollar las iniciativas IDE y el lenguaje UML (*Unified Modeling Language*) para modelizar todas sus especificaciones. Es una recomendación de un grupo de expertos que desarrolla su propuesta.

**ISO 19119 para servicios de información geográfica** (ISO/TC 211, 2016b): basada en el modelo de referencia RM-ODP, esta norma ofrece la clasificación más completa de geoservicios disponibles. Desde un punto de vista tecnológico es una especificación abstracta, y es utilizada en prácticamente todas las iniciativas IDE que utilizan servicios web.

Todos estos modelos de arquitectura comparten los mismos problemas (Béjar, Latre, Nogueras- Iso, Muro- Medrano, & Zarazaga- Soria, 2009) que se concretan en:

- Se centran en componentes permitidos para la arquitectura y, apenas mencionan otros elementos como los tipos de relaciones entre los componentes, sus propiedades visibles o restricciones necesarias.
- Las diferencias entre modelos a veces no son tales ya que asignan distintos nombres a componentes similares.
- No están completamente basados en modelos de arquitectura conocidos. Se menciona como referencia, en casi todos los modelos, a la arquitectura orientada a servicios (SOA), pero ésta es incapaz de definir muchos componentes que se incluyen en estos modelos como aplicaciones o repositorios de datos.

En los trabajos y documentos mencionados, se puede observar que casi todos reflejan una visión parcial de la arquitectura del sistema. La mayoría sólo describen sus componentes tecnológicos (servicios, aplicaciones, etc.). Otros contemplan aspectos relacionados con la accesibilidad de los datos y los mecanismos que fundamentan la existencia de los mismos en el sistema. Es difícil

---

<sup>32</sup> RM-ODP (Open Distributed Processing Reference Model): Modelo de Referencia para el Procesamiento Abierto y Distribuido

encontrar un marco de referencia completo en estas iniciativas. Quizá ese es el éxito de INSPIRE, que en sus reglamentos describe las recomendaciones y guías técnicas desde todos los puntos de vista que necesitan ser tenidos en cuenta para poner en marcha un proyecto de construcción de una infraestructura de datos espaciales.

#### 4.2.2 Modelo de Referencia para el Procesamiento Abierto y Distribuido (RM-ODP)

En la lista anterior de modelos de arquitectura para infraestructuras de datos espaciales scitó varias veces el modelo de referencia RM-ODP. Se trata de un marco de trabajo conceptual y una arquitectura que integra aspectos relacionados con la distribución, interoperabilidad y portabilidad de sistemas software, de forma que la heterogeneidad del hardware, sistemas operativos, redes, lenguajes de programación, bases de datos y distintas formas de gestión sean transparentes al usuario. Permite modelar sistemas complejos sobre distintos recursos de información que están distribuidos a lo largo de los múltiples dominios interconectados que pueden hallarse dentro de una organización (Béjar, 2009).

Las organizaciones ISO e ITU-T (International Telecommunication Union<sup>33</sup>) se plantearon hace unos años la elaboración conjunta de una serie de estándares para el desarrollo de aplicaciones abiertas y distribuidas (ISO/IEC, 2009). El objetivo era disponer de un modelo de referencia que permitiera integrar toda una serie de estándares sobre estos temas, manteniendo la consistencia entre ellos. Su punto de partida fue la necesidad de tratar la complejidad de este tipo de aplicaciones, cuyas especificaciones, diseño e implementación necesitan de un marco de trabajo que las organice convenientemente para poder abordarlas con éxito.

Se utilizan cinco puntos de vista genéricos, y que se consideran básicos a la hora de definir un sistema de información (Vallecillo, 2001):

- El punto de vista de **negocio o empresarial**: se centra en la finalidad, alcance, entorno y políticas que rigen las actividades del sistema especificado, dentro de la organización de la que forma parte.
- El punto de vista de la **información**: delimita el tipo de información que va a manejar el sistema, así como la estructura de los datos y sus posibles valores.
- El punto de vista **computacional**, se centra en las funcionalidades que debe ofrecer el sistema, así como su organización y la interacción entre sus componentes.
- El punto de vista de la **ingeniería**: que describe la infraestructura necesaria para soportar el procesamiento distribuido del sistema, así como la forma de distribución de los datos y operaciones que permitan al sistema proporcionar la funcionalidad requerida.
- El punto de vista de la **tecnología**: define la tecnología que sustentará al sistema (hardware, software y comunicaciones) para permitir el procesamiento y la funcionalidad necesaria, así como la representación y distribución de los datos.

---

<sup>33</sup> ITU-T es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la Información y la Comunicación, conocido antes como CCITT, <http://www.itu.int/>

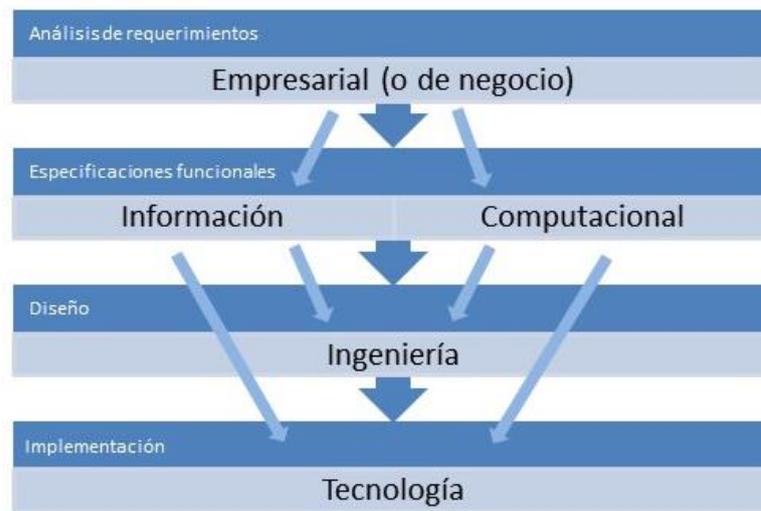


Figura 4-1 Esquema de los puntos de vista RM-ODP y su intervención principal en el desarrollo de un sistema de información.  
Adaptado de (Raymond, 1995)

Cada uno de los puntos de vista describe el sistema desde una perspectiva propia. Sin embargo, todos deben ser complementarios y en ningún caso pueden ser contradictorios. Como podemos observar en la figura 4-1, la perspectiva empresarial analiza los requerimientos, que se deben traducir en especificaciones de datos (información) y funcionales (computación). Todo debe estar soportado por la infraestructura (ingeniería) y se implementa físicamente a través de una tecnología. Esta aproximación ofrece una serie de ventajas muy interesantes a tener en cuenta en el diseño y desarrollo de un sistema de información.

En resumen, este modelo de referencia no se debe tomar como un estándar de implementación, más bien es la definición de un marco para la estandarización del procesamiento distribuido y abierto (Raymond, 1995). Por último, destacar que el RM-ODP ha desempeñado un papel fundamental en tanto en la definición de la arquitectura propuesta por el *Open Geospatial Consortium*, como en las adoptadas por diversas infraestructuras de datos nacionales y en la infraestructura de datos espaciales de las Naciones Unidas<sup>34</sup>.

### 4.2.3 Evolución del marco de referencia de las IDEs

Otro tema a tener en cuenta en las infraestructuras de datos espaciales es la evolución del concepto mismo de lo que es una IDE y hasta dónde puede llegar. Por ello es importante analizar cómo el marco de referencia ha evolucionado bastante desde las primeras iniciativas a principios de los años 90. En las últimas décadas, puede afirmarse que la noción de IDE ha evolucionado en paralelo con los avances tecnológicos, y algunos autores dividen este progreso en tres generaciones, con intervalos algo superpuestos y variación entre las distintas zonas del planeta (Borba, Strauch, Souza, & Coleman, 2014; Budhathoki, Bruce, & Nedovic-Budic, 2008; Hennig & Belgui, 2011; Rajabifard & Williamson, 2001a; Rajabifard et al., 2006).

<sup>34</sup> UNSDI (UN Spatial Data Infrastructure):

En el siguiente gráfico (figura 4-2) se detalla cada una de las características que definen a estas tres generaciones o períodos, teniendo en cuenta que aspectos como la promoción del desarrollo económico y el fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental son fundamentales en cada una de estos tres períodos y que se han mantenido como objetivos primordiales a cumplir. Otro aspecto que también es considerado en cada período es la mejora del marco institucional y legislativo, que debe evolucionar al mismo tiempo que avanza el desarrollo de las infraestructuras para sustentar su implantación en la sociedad.



Figura 4-2 Características de los marcos de referencia de las tres generaciones de IDE adaptada desde varias fuentes bibliográficas (Borba et al., 2014; Budhathoki et al., 2008; Rajabifard et al., 2006)

A continuación, vamos a profundizar en la descripción de cada uno de estos tres periodos:

#### a) Primera generación (1990-1999): el modelo se centra en los datos:

En un primer momento las IDEs fueron concebidas como un medio para apoyar la coordinación, integración, intercambio y distribución de datos espaciales (McLaughlin & Nichols, 1994). Los primeros trabajos en el desarrollo de IDEs surgieron en la segunda mitad de la década de 1980, pero su aplicación estaba muy limitada a unos pocos temas y conceptos.

Ya en los años 90 y en este contexto, cada país diseñó y desarrolló su propia infraestructura según sus necesidades, prioridades y particularidades. En general, aunque hubo diferencias entre los países, la mayoría de las primeras IDEs eran proyectos nacionales con una fuerte participación del gobierno y sus objetivos fueron: (i) promover el desarrollo económico; (ii) para estimular un mejor gobierno, según sus necesidades y características; y (iii) promover la sostenibilidad ambiental (Masser, 1999). Fueron promovidas por las instituciones cartográficas nacionales y se promocionó la creación de bases de datos geográficas. Se comenzaron a sí mismo a documentar los recursos existentes a través de metadatos, y a elaborar especificaciones de datos con vistas a facilitar el acceso a la información.

Una dificultad de esta fase, además de las limitaciones tecnológicas, eran los acuerdos institucionales, había pocos ejemplos prácticos en el desarrollo de IDEs en otros países, y no se disponía de referencias a seguir (Rajabifard, Feeney, & Williamson, 2002a). Otro aspecto que limitaba la expansión de las iniciativas IDE era la dimensión tecnológica (hardware, software, infraestructura de comunicaciones, etc.) que en aquellos momentos era insuficientes para la interconexión de sistemas de información geográfica (Borba et al., 2014). Esto se reflejaba perfectamente en el software, los sistemas eran propietarios y los formatos de los datos también. La adquisición de un programa de SIG requería una plataforma específica, con un sistema operativo único; lo que obligó a las instituciones a comprar las mismas plataformas tecnológicas para poder comunicarse entre sí. Las iniciativas más importantes en esta fase fueron las de Oceanía (ANZIC), Canadá y EEUU.

### **b) Segunda generación (2000 – 2006): modelo orientado a procesos**

La segunda generación comenzó en el año 2000, con un cambio de enfoque en el desarrollo de IDE por algunos de los países que reorientaron sus estrategias y actualizaron sus modelos conceptuales (Masser, 2005b). Un hecho determinante fue el desarrollo de Internet, que maximizó el valor añadido de la información geográfica, permitiendo su acceso de manera más efectiva. Las IDEs seguían siendo un instrumento capitalizado por las agencias cartográficas a nivel nacional, pero empezaban a entrar agentes del sector privado. Muchos usuarios empezaban a demandar algo más que meros datos. Se necesitaba cambiar la capacidad funcional de los instrumentos creados para acceder a la información. Esto, unido a los avances tecnológicos y la utilización cada vez más frecuente de estándares (OGC fue fundamental) por parte de los productores de software, produjo un cambio en el enfoque de las infraestructuras de datos espaciales; ahora además podían ofrecer servicios y no sólo datos. Se podían crear aplicaciones a partir de la información almacenada en las IDEs.

Sin embargo, se debe diferenciar a aquellos países que ya habían implantado una IDE y ésta comienza a evolucionar, de los que desarrollan su infraestructura en esta segunda época (Crompvoets et al., 2004). Los primeros se centraron en la organización de los datos y luego pasaron a implantar servicios y procesos para su utilización por parte de los usuarios. Los países que comenzaron a desarrollar sus IDEs a partir del año 2000, empezaron a disponer de servicios, dejando más retrasada la organización de la información. Se creaban bases de datos nuevas para ser ofrecidas a los usuarios en vez de enlazar a las bases de datos existentes. Entre estos segundos países estaban la mayor parte de los países de Europa, que a partir de la iniciativa INSPIRE, comenzaron a establecer sus infraestructuras de datos espaciales.

### **c) Tercera generación (2007 - ): modelo centrado en el usuario**

Este modelo se encuentra con una comunidad mucho más grande y heterogénea de usuarios, que incluye a proveedores de datos y usuarios en todos los niveles de gobierno, al sector empresarial, a organizaciones no gubernamentales, al mundo académico y educativo, así como al público en general. Este vasto abanico de usuarios se acerca a las IDEs con distintos roles, desde desarrolladores de aplicaciones a suministradores de datos, pasando por gestores de

contenidos o profesionales en distintos sectores para los que la información geográfica es esencial en la toma de decisiones diaria (Hennig & Belgui, 2011). A esto hay que añadir los avances tecnológicos que, junto con una madurez en los estándares desarrollados en los años anteriores, hacen que la utilización de la información geográfica alcance a un amplio espectro de la sociedad. Algunos autores utilizan la denominación de *Spatially Enabling Society*, que se podría traducir como “sociedad capacitada geográficamente” (Dessers, Van Hootegem, Crompvoets, & Hendriks, 2010; Masser, Rajabifard, & Williamson, 2008; Rajabifard, 2008; Rajabifard et al., 2010; Thomas et al., 2009). Es decir, el desarrollo económico, la estabilidad social y los objetivos de protección del medio ambiente pueden ser alcanzados a través del desarrollo de productos y servicios basados en la información geográfica recogida por todos los niveles de la sociedad, en los que están incluidos los gobiernos, el sector privado, las universidades, los centros de investigación y los ciudadanos. Además, empiezan a aparecer en este período las IDEs sub-nacionales que, en el caso de España, están promovidas por las comunidades autónomas o en Alemania por sus estados federales. Adquieren un papel relevante pues gestionan datos con más resolución y son más operativas para los usuarios.

A pesar de los progresos significativos y de la experiencia adquirida, las IDE de esta generación no son capaces de cubrir las expectativas y los propósitos previstos (Nedović-Budić, Pinto, & Budhathoki, 2008). En este sentido, se puede pensar que los marcos de referencia todavía no están maduros para atender las demandas de los usuarios. Para resolver este tema se plantea dar más importancia a las comunidades de usuarios.

### **4.3 Referentes internacionales de arquitecturas de IDE en las normas y estándares.**

Una vez que han revisado los estudios más significativos en relación con la estructura aplicada en la construcción de las IDEs, junto con su evolución temporal, en este apartado nos vamos a centrar en los modelos de referencia que una vez consolidados, se han incluidos en los estándares (en el caso de ISO y OGC) o en las legislaciones o normas de los diferentes países.

En el capítulo 2 se describe el papel que asume cada uno de los organismos normalizadores y organizaciones internacionales a la hora de definir y fijar aquellas normas necesarias para el correcto funcionamiento de las iniciativas encaminadas a eliminar las barreras (tecnológicas, jurídicas, políticas y sociales) a la hora de manejar la información geográfica. Esas normas utilizan unos modelos de referencia que articulan el funcionamiento de las IDE y hace posible la interoperabilidad entre sistemas de países con culturas y nivel de desarrollo diverso. Aunque ahora veamos que existen diferentes marcos de referencia, todos intentan buscar una conectividad lo más extensa posible. El uso o elección de una arquitectura diferente no va a aislar las IDE de un país o región de las del resto del mundo, puesto que todos van a utilizar el marco de trabajo común definido por el comité ISO/TC211. Esto no quita para que, cada modelo de referencia presente una serie de particularidades dependiendo del funcionamiento de los gobiernos, las demandas de los usuarios y el nivel de desarrollo del sector de la información geográfica.

### 4.3.1 ISO 19119, estándar en servicios de información geográfica

Esta norma, elaborada por el comité ISO/TC 211, determina un marco de trabajo para los creadores de aplicaciones de modo que los usuarios puedan acceder y procesar datos geográficos procedentes de distintas fuentes a través de la identificación y definición de la interfaz y de la definición de las relaciones según el RM-ODP (ISO/IEC, 2009).

Como resumen de esta norma (ISO/TC 211, 2016b) podemos reseñar que:

- Desarrolla la arquitectura de servicios geográficos para lograr un entorno de trabajo adecuado para la implementación desde servicios específicos, garantizando la interoperabilidad entre servicios por medio del uso de estándares de interfaces. Además, facilita la formación de catálogos de servicio a través de la definición de metadatos de servicio, permitiendo que un proveedor use un servicio con datos de otro.
- Define la interfaz de servicio, lo cual es fundamental para que aplicaciones con diferentes niveles de funcionalidad accedan a la información geográfica y puedan utilizarla. Del mismo modo las interfaces para acceder a estos servicios especializados deben estar estandarizadas.
- Destaca la importancia de la estandarización de los interfaces de estos servicios para admitir la interoperabilidad entre diversos productos, y permitir que el trabajo se integre con otras propuestas desarrolladas en el marco de la tecnología de la información.

La combinación de datos y servicios se denomina encadenamiento de servicios y es una facultad que ofrece esta norma para que el resultado de una petición a un servicio se pueda utilizar como entrada en el siguiente servicio. Es decir, si se pregunta a un servicio de catálogo por unos datos (Ej: hospitales en un área determinada), éste debería responder con un resultado que incluya los datos solicitados y los servicios a través de los cuales se pueden utilizar (Ej: servicio de visualización, de descarga de datos o de transformación de coordenadas). De esta manera, se puede usar uno de estos servicios, cuyos datos se habían solicitado previamente, para obtener como respuesta otro resultado (Ej: descarga de la capa de hospitales), que a su vez también se puede utilizar como entrada en otro servicio de la infraestructura (Ej: el fichero descargado puede ser la entrada para un servicio que transforme esos datos a otro sistema de coordenadas). Y así podemos seguir encadenando servicios hasta llegar al resultado requerido que cumpla las necesidades.

### 4.3.2 Open Geospatial Consortium (OGC)

Si la norma ISO 19119 es la base para el desarrollo de los marcos de referencia de las arquitecturas de una IDE, nos encontramos con que el OGC adopta esa norma en todos sus términos para la definición de todas sus especificaciones, tal y como se puede ver en el documento *The OpenGIS Abstract Specification (Tema12: OGC Arquitectura de servicios V. 4.3)*<sup>35</sup>. La arquitectura que ofrece es una arquitectura orientada a servicio (SOA), en la que todos sus componentes proporcionan uno o más servicios a otros servicios o a aplicaciones cliente. Dado que esta arquitectura se está desarrollando en gran parte de manera informal, no encontramos

---

<sup>35</sup> The OpenGIS Abstract Specification (Topic 12: OpenGIS Service Architecture Version 4.3): [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=1221](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=1221)



Los **servicios de aplicaciones** contienen servicios diseñados para dar soporte a clientes, especialmente software de cliente ligero, como navegadores web. Es decir, estos servicios de aplicación están diseñados para que los clientes los utilicen evitando que cada usuario realice estas funciones de forma manual, lo cual resultaría bastante complejo. Son aplicaciones que pueden ser insertadas dentro de otras y que facilitan el uso de los servicios. Por ejemplo, un buscador de direcciones que devuelve como resultado un mapa y que se puede colocar como complemento (widget) en cualquier página web. Entre este tipo de servicios figuran los geoportales, las aplicaciones para consultas temáticas o los servicios que permiten modificar la simbología.

El nivel de **servicios de procesamiento** contiene servicios diseñados para procesar datos, tanto vectoriales (*features*) como coberturas ráster o imágenes. Son utilizados por los clientes y por los servicios de la capa de servicios de aplicaciones. Estos servicios pueden utilizar a su vez otros servicios en la capa de servicios de procesamiento y en la de servicios de administración de información (Whiteside, 2005). Forman parte de este tipo de servicios SLD para WMS (cambio de simbología), WCTS (transformación de coordenadas) o *Geoparser* (búsqueda de direcciones en textos o documentos).

La capa de **servicios de administración** de información contiene servicios diseñados para almacenar y proporcionar acceso a los datos, manejando múltiples conjuntos de datos por separado en cada servidor. Además, los metadatos que describen estos conjuntos de datos se pueden almacenar y buscar. El acceso normalmente consiste en recuperar un subconjunto especificado por el cliente sobre un conjunto de datos almacenado o recuperar unos metadatos seleccionados de todos los conjuntos de datos cuyas características cumplan las condiciones de consulta especificadas por el cliente (Whiteside, 2005). Estos servicios pueden ser utilizados desde las aplicaciones cliente, desde los servicios de aplicaciones o desde los servicios de procesamiento. Entre este tipo de servicios se encuentran WMS, WFS, WCS, CSW o Gazetteer.

Si establecemos una comparación, vemos como estas cuatro capas de la arquitectura SOA que define OGC se relacionan estrechamente con las categorías especificadas en la norma ISO 19119. Esta relación es la siguiente:

1. Los servicios de aplicaciones y los clientes juntos proporcionan los denominados servicios de interacción humana descritos por la norma. Son los que utilizan los usuarios directamente o a través de las aplicaciones.
2. La capa de servicios de procesamiento se denomina exactamente igual en las dos arquitecturas. La ISO 19119 divide estos servicios en categorías: espacial, temático, temporal y de metadatos.
3. La capa de servicios de administración de información se corresponde con los servicios denominados de gestión de modelos/información en la norma.

Algunos servicios realizan funciones en más de una capa cuando es necesario para que la implementación combinada sea más eficiente. La asignación de tales servicios combinados a niveles o capas es algo arbitraria. Por ejemplo, todos los servicios en el nivel de servicios de administración de información pueden incluir algún procesamiento de los datos recuperados. Específicamente, WMS, WCS y WFS pueden realizar transformación de coordenadas y conversión de formatos.

### 4.3.3 INSPIRE

El texto de la Directiva de la Unión Europea (Parlamento Europeo, 2007) para el establecimiento de una IDE europea establece los requisitos mínimos para que todas las infraestructuras de datos espaciales de los Estados miembros pasen a conformar esta IDE europea.

La arquitectura que propone INSPIRE está diseñada como una arquitectura orientada a servicios (SOA), en la que los diferentes usuarios y proveedores exponen y consumen servicios mediante el bus de servicios. Este tipo de arquitectura se suele utilizar para la creación de sistemas altamente escalables y brinda una forma bien definida de exposición e invocación de servicios (comúnmente pero no exclusivamente servicios web), lo cual facilita la interacción entre diferentes sistemas propios o de terceros. Para poner en práctica esta estructura, la directiva aconseja utilizar los estándares existentes en el mercado, y en el caso de las infraestructuras de datos espaciales, el rumbo lo marca el OGC.

Es importante hacer notar que INSPIRE asume que el acceso a cualquier tipo de dato o metadato debe realizarse a través de servicios web (servicios de red). Estos tienen que ser definidos por las descripciones de servicios (metadatos de servicio que formarán parte de los metadatos de la IDE) permitiendo a las personas y a las aplicaciones de software localizar instancias específicas de cada servicio e invocarlos o llamarlos de una forma automática.

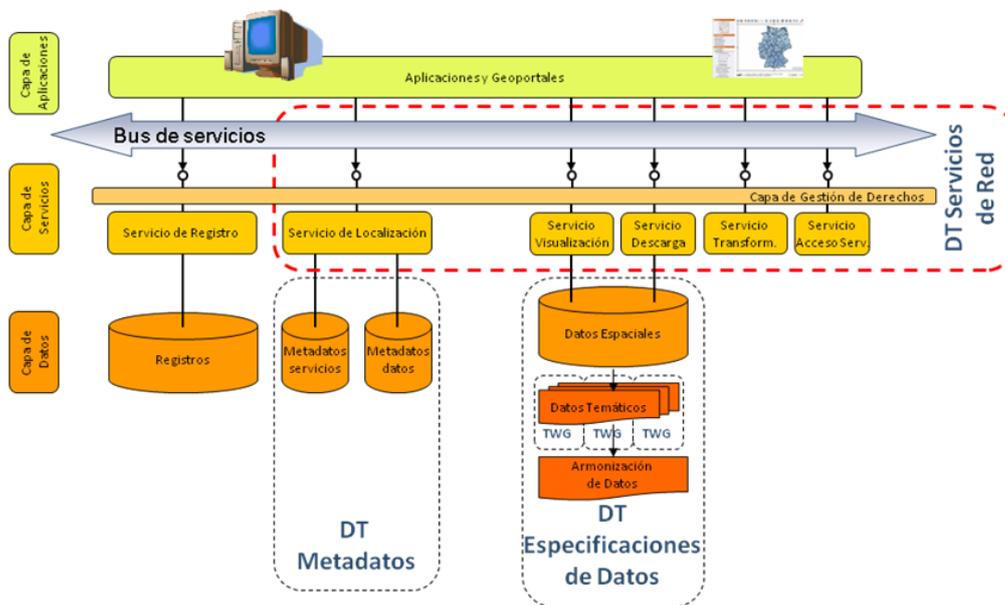


Figura 4-4 Esquema de la arquitectura técnica de INSPIRE adaptado del documento Network Services Architecture v3.0 (INSPIRE Drafting Team Network Services, 2008).

En la figura 4-4 se puede ver representado el diseño conceptual de la arquitectura propuesta para el funcionamiento de las IDEs europeas. Dispone de tres capas: la primera de aplicaciones, la segunda de servicios y la tercera de datos y metadatos.

En la capa de aplicaciones se sitúan los geoportales, las aplicaciones cliente y cualquier otro software que pueda o necesite acceder a datos espaciales. Desde esta capa no se ven los datos

directamente, sino que hay una capa de servicios intermedia que permite que las aplicaciones cliente accedan a los datos mediante una serie de especificaciones y protocolos estándares. Los servicios extraen los datos que también se encuentran almacenados siguiendo unas especificaciones para datos espaciales que en estos momentos están en proceso de redacción.

El propósito final de esta arquitectura es que, mediante el bus de servicios, un usuario o una máquina a través de una aplicación cliente, acceda a los datos de cualquier infraestructura de la misma forma, siempre que ésta cumpla las especificaciones de datos y servicios. Es decir, alcanzar la máxima interoperabilidad posible compartiendo la información entre todos los niveles de una organización, y entre la organización y otros usuarios externos.

En la Directiva y en los posteriores reglamentos aprobados para cada uno de los aspectos que regula la misma (metadatos, servicios, seguimiento, especificaciones de datos y acceso a la información), se establece la configuración y funcionamiento de la IDE europea como estructura formada por las IDE de todos los países miembros. No es una arquitectura para una IDE europea, sino que más ben, desde el punto de vista tecnológico, describe cómo deben funcionar cada una de las IDE que forman parte de ella. En el reglamento, denominado de Servicios en Red, se describe con claridad cómo deben funcionar los nodos que forman parte de la IDE europea.

En los considerandos iniciales del reglamento de servicios de red (Comunidad europea, 2009) se hace referencia a la obligación de los Estados Miembros de la UE de implantar y hacer operativa una red de servicios orientados a los conjuntos y servicios de datos espaciales. Recuerda que hay que garantizar la compatibilidad y la utilización de esos servicios, y para ello, se deben establecer unas especificaciones técnicas y unos criterios mínimos de rendimiento de los servicios.

Por tanto, el objetivo es que se conceda a las autoridades públicas y a terceros la posibilidad técnica de conectar sus conjuntos de datos y servicios espaciales con los servicios de red. Esto implica que se tienen que establecer unos requisitos adecuados que deben cumplir los servicios que se pongan en marcha dentro de las infraestructuras de datos espaciales.

Para evaluar la calidad de los distintos servicios (QoS), en el primer anexo de este reglamento, se fijan los criterios que se van a tener en cuenta. Éstos se clasifican en relación con la capacidad, el rendimiento y la disponibilidad. El rendimiento se evaluará midiendo el tiempo que tarda el servicio en enviar una respuesta al peticionario. La capacidad se medirá en el número mínimo de peticiones simultáneas atendidas por un servicio. Y la disponibilidad fija el porcentaje sobre el tiempo total que un servicio tiene que estar funcionando.

Cuando nos movemos en el entorno de proyectos de construcción de una gran infraestructura de datos en las diferentes regiones del mundo, la iniciativa INSPIRE se puede considerar como uno de los proyectos más ambiciosos sin lugar a dudas. Abarca todos los aspectos que presenta la gestión de la información geográfica y dispone de un marco de referencia muy completo.

#### 4.3.4 Foundation Spatial Data / ANZLIC<sup>36</sup>

El marco de referencia establecido para la IDE de Oceanía es muy diferente al europeo. En esa región del mundo se iniciaron los primeros trabajos para la construcción de una IDE, y como se pudo ver en la evolución de las IDEs del apartado anterior, estas primeras IDEs estaban centradas en los datos. Tras cotejar los diferentes planes estratégicos (ANZLIC, 2014; Land Information New Zealand, 2014; New Zealand Geospatial Office, 2011) y documentos relacionados (Box, Simons, Cox, & Maguire, 2015; Masser & McDougall, 2009; Orshoven & Hall, 2003) con la infraestructura de datos espaciales en Australia y Nueva Zelanda., se puede afirmar que el dato es el centro de los fundamentos de interoperabilidad que se establecen como objetivo. Se podría decir que siguen en la primera generación, pero con una fuerte presencia de los aspectos que caracterizan a la tercera. El dato y los usuarios son los actores principales y la tecnología y los procesos pasan a ser secundarios y se dejan en manos de la evolución de la industria.

Con esta forma de pensar, el ANLIC, como organismo responsable de la información geográfica en Australia y Nueva Zelanda, ha estado trabajando desde 1986 con la intención de que la información espacialmente georreferenciada esté actualizada, completa, precisa, asequible y sea accesible para se pueda utilizar en la toma de decisiones en los ámbitos económico, social y ambiental. Sus iniciativas se centraron en los primeros años en la definición y elaboración de metadatos, en la modelización de la información geográfica y en eliminar las barreras para el uso de estos datos. En 2014 aprobó el *Foundation Spatial Data Framework* (FSDF)<sup>37</sup> que determina la información geográfica oficial de referencia necesaria para sustentar y generar más información de valor añadido (ANZLIC, 2014).

El FSDF es un proyecto para mejorar el acceso y el uso de los datos geográficos nacionales. Se desarrolla a partir los datos de las bases de referencia existentes, generando datos nuevos para satisfacer las necesidades de los usuarios. Con el fin de lograr los resultados deseados, la iniciativa FSDF aborda una serie de retos técnicos y sociales entremezclados provocados por la producción, gestión, suministro y gobernanza de datos geoespaciales heterogéneos y fragmentados, que se encuentran en múltiples niveles de gobierno (Box et al., 2015). El desafío más crítico es la integración de una gran variedad de fuentes de datos en todos los niveles de la administración, con diferentes estructuras y semánticas, desarrolladas bajo distintos contextos corporativos, para formar un grupo coherente de conjuntos de datos oficiales interoperables y que se puedan mantener operativos. Para abordar este desafío, se ha diseñado un marco de referencia para la elaboración de especificaciones de datos basado en enfoques dirigidos por modelos.

Este enfoque de modelado, que sitúa la definición de la estructura de la información en el centro del proceso de diseño, se conoce como arquitectura dirigida por modelos (MDA o *Model Driven Architecture*) y se lleva utilizando con éxito en las tecnologías de la información durante muchos años (Box et al., 2015). Básicamente se trata de utilizar la modelización de los datos para el desarrollo de productos o de esquemas de intercambio de datos. Estos modelos los puede adoptar la comunidad y así se proporciona información de manera más consistente. Para

---

<sup>36</sup> ANZLIC: Consejo de Información Espacial en Australia y Nueva Zelanda, <http://www.anzlic.gov.au/>

<sup>37</sup> FSDF (Foundation Spatial Data Framework): <http://www.anzlic.gov.au/foundation-spatial-data-framework>

elaborar esos modelos o especificaciones de datos, se utilizan los conceptos que plantea ISO en la familia de normas 19100, junto con las especificaciones de OGC.

La implementación de esta política se apoya en los siguientes principios (ANZLIC, 2014):

1. Por defecto los datos son de uso libre (abiertos) a menos que el acceso esté restringido por razones de privacidad, seguridad pública, confidencialidad y cumplimiento de la ley.
2. La disponibilidad de los datos se ajustará preferiblemente en virtud del marco de licencia Aus/NZGOAL<sup>38</sup>.
3. Los datos estarán disponibles sin costo mínimo, con excepciones limitadas.
4. Los datos estarán disponibles sin coste alguno, salvo determinadas excepciones.
5. El gobierno seguirá las normas y directrices relativas a la liberación de datos y efectuará la preceptiva rendición de cuentas a los organismos encargados de velar por el uso libre de la información.



Figura 4-5 Temas y conjuntos de datos definidos en el FSDF (ANZLIC, 2014)

La información que abarca el programa *Foundation Spatial Data*, siguiendo estos principios de gestión, se caracteriza por basarse en datos:

- Oficiales
- Precisos
- Accesibles

Estos conjuntos de datos espaciales agrupan datos con características similares con el fin de mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos de gestión de información. Algunos datos pueden encajar naturalmente en más de un tema, como, por ejemplo, un camino tanto puede ser una

<sup>38</sup> <https://www.ict.govt.nz/guidance-and-resources/open-government/new-zealand-government-open-access-and-licensing-nzgoal-framework/>

infraestructura de transporte como ser usado para definir algunos límites administrativos. Esta situación se resuelve dentro de la lógica de la estructura de cada tema, aunque físicamente solo esté almacenado una vez. En estos momentos trabajan con 10 temas, y se prevé que puedan ser ampliados en el futuro para satisfacer la creciente demanda de la comunidad de usuarios. El objetivo de ANZLIC es que estos datos estén presentes en todos los niveles de la administración y sean fundamentales para los sectores privados relacionados con la economía, el medio ambiente y el territorio; permitiendo el intercambio transparente de información y conocimiento a través de fronteras organizativas, sectoriales y jurisdiccionales (ANZLIC, 2014).

En el caso de esta infraestructura de información geográfica se puede ver que los aspectos organizativos están muy bien dirigidos y enfocados y muestran mucha experiencia, pues fueron pioneros a la hora de trabajar la idea de la gestión de la información geográfica. También desde el punto de vista de los datos, con el proyecto FDSF, este organismo ha iniciado un trabajo que es clave para su economía y su desarrollo como país. En cuanto a los puntos de vista más tecnológicos, no se ha encontrado buena documentación que lo describa, aunque su geoportail permite acceder a los servicios de datos espaciales con facilidad.

#### 4.3.5 National Spatial Data Infrastructure (NSDI)

En el caso estadounidense hay varias iniciativas a lo largo de los últimos 15 años que han ido configurando la arquitectura de la infraestructura nacional de datos espaciales. En el año 2003, el Comité Federal para la Información Geográfica (FGDC) elaboró el *Geospatial Interoperability Reference Model* (GIRM) con el objetivo de facilitar y promover el uso de información georreferenciada de múltiples fuentes en Internet (Evans, 2003). Esto imponía la interoperabilidad entre los sistemas de información que proporcionaran datos geográficos, mapas, servicios y aplicaciones de usuario. Esta interoperabilidad geoespacial se basaba en acuerdos compartidos o estándares de consenso voluntario que establecían los conceptos esenciales, y su encarnación en protocolos de comunicación, interfaces de software y formatos de datos. Este documento describe y explica, dentro de un modelo estructurado de procesamiento de datos geográficos, como se aplican estas normas al diseño del software geoespacial y los servicios, para orientar al usuario en un determinado diseño, para seguir una determinada política o para realizar una contratación.



Figura 4-6 Puntos de vista y niveles de abstracción en el Modelo de Referencia de Interoperabilidad Espacial GIRM del FGDC

(Evans, 2003)

El modelo de referencia ideado recogía los estándares en dos niveles diferentes de abstracción y desde dos distintos puntos de vista de arquitectura como se puede ver en el gráfico de la figura 4-6:

Los dos niveles de abstracción diferentes son:

- Las **Especificaciones de Implementación** explican a los desarrolladores de aplicaciones y programas “cómo” deben articular o solicitar la información dentro de un sistema de información distribuido (Ej. WWW, .NET, CORBA).
- Los **Modelos Abstractos** especifican “qué” información o “qué” solicitudes son válidas en principio, independientemente de los entornos informáticos. Definen conceptos esenciales, vocabulario y estructura (jerarquía de tipos) de servicios geospaciales y transferencia de información.

Dentro del punto de vista computacional, es fundamental el estándar a seguir en la **Invocación de Servicios**, pues define las interfaces que permiten a los diferentes sistemas trabajar juntos, o resuelve el comportamiento esperado del sistema de información. En este caso, el modelo de referencia sigue la norma RM-ODP. Y desde el punto de vista de los datos, la **Transferencia de Información** es definida por un estándar que detalla el contenido de la información geográfica y su codificación para el intercambio entre sistemas.

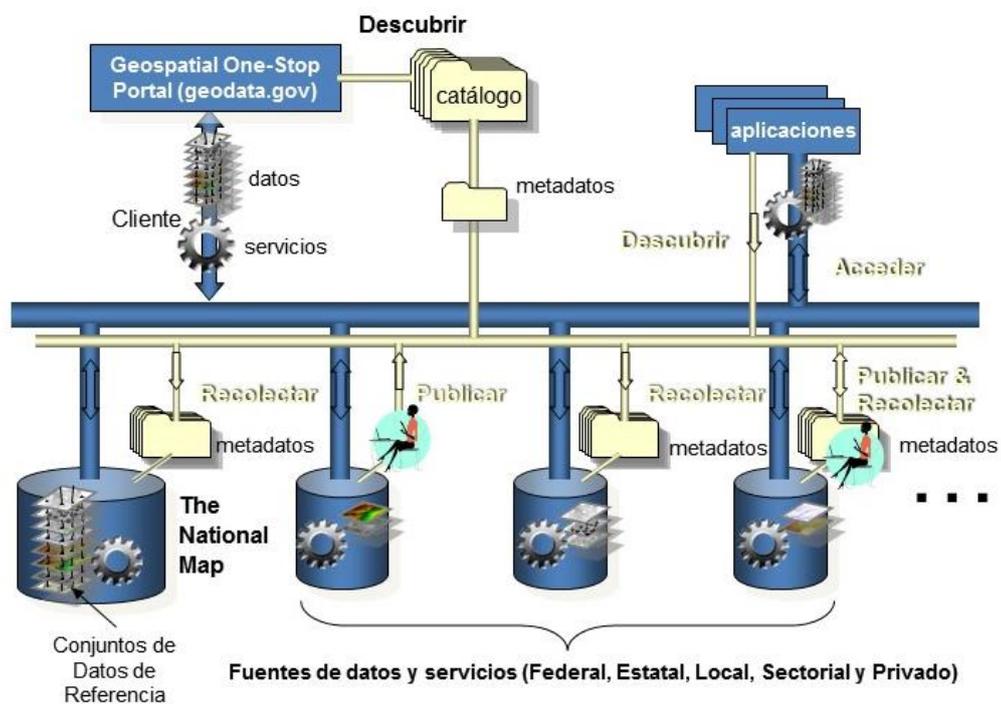


Figura 4-7 Componentes tecnológicos fundamentales en la arquitectura conceptual de la NSDI. Adaptado de (FGDC & CIO Council, 2009)

Partiendo de este modelo de referencia, se implantó una arquitectura conceptual de la infraestructura de datos espaciales estadounidense basada en una serie de componentes que se conforman en dos “redes”: una para los datos y otra para los metadatos. No son independientes

en cuanto a conectividad, pero si difieren en cuanto al número de nodos o puntos de acceso. Una organización que dispone de datos, los puede ofrecer a los usuarios a través de sus propios servicios o a través de otro nodo. En cuanto a los metadatos, una entidad que está en la IDE puede tener sus metadatos en su propio catálogo o en alojados en el repositorio de otra organización. Incluso hay nodos que sólo ofrecen metadatos.

La "red fina" (en amarillo en la figura 4-7) corresponde a la capacidad de descubrir, recolectar y publicar metadatos y puede considerarse como la red de intercambio. Un organismo puede publicar los metadatos de la información que ofrece a los usuarios en el catálogo del geoportel principal de la IDE, denominado *Geospatial One Stop (GOS)* o en un catálogo de metadatos propio a nivel local. La red permite que haya nodos que sólo dispongan de metadatos recolectados de otros productores y que, a partir de estos, los usuarios puedan localizar cualquier dato. Las colecciones de metadatos locales o alojados en el GOS, pueden ser buscados mediante protocolos de búsqueda distribuida antes de ser utilizados por una aplicación.

La "red gruesa" (en azul en la figura 4-7) corresponde a la capacidad de acceder a datos y servicios disponibles a través de protocolos estandarizados. Una vez que una aplicación (o el portal GOS) sabe que hay un conjunto de datos o que existe un servicio, a través de los catálogos, puede acceder a los mismos independientemente del productor.

Dentro de esta arquitectura destacan dos componentes tecnológicos: *The National Map*<sup>39</sup> y *Geospatial One stop (GOS)*. El primero funciona como repositorio de la información geográfica de referencia y el segundo se constituye como el punto de acceso a toda la información que tenga relación con el territorio. A nivel organizativo, el FGDC<sup>40</sup> asume la determinación de las normas, orienta las políticas y sirve de apoyo. Además de estos elementos, en la arquitectura aparecen los diferentes sistemas de información de las agencias federales y de las entidades estatales y locales, que proporcionan datos y servicios de información geográfica.

A partir de 2010, la plataforma GOS se integra como un apartado del portal de datos abiertos *Data.gov*<sup>41</sup> de la administración americana y aparece en escena la *Geospatial Platform*<sup>42</sup>, como geoportel de información temática. Unos años más tarde, en el plan estratégico 2014-16 (Federal Geographic Data Committee, 2013), se establecen los siguientes objetivos para la NSDI:

- Desarrollar la arquitectura de referencia de interoperabilidad geoespacial (GIRA).
- Establecer *Geospatial Platform* como como el geoportel federal con acceso a datos, servicios y aplicaciones geoespaciales.
- Ampliar el uso del *cloud computing*.

En la actualidad, el FGDC está trabajando estrechamente con una amplia gama de organismos y partes interesadas para permitir la visibilidad, accesibilidad y usabilidad de la información geográfica. La arquitectura de referencia de interoperabilidad geoespacial (GIRA) está siendo desarrollada bajo los auspicios del programa *Program Manager-Information Sharing Environment (PM-ISE)* como un marco de supervisión para administrar programa geoespacial, para regular

---

<sup>39</sup> The USA National Map <http://nationalmap.gov/>

<sup>40</sup> Federal Geographic Data Committee (FGDC): <https://www.fgdc.gov/>

<sup>41</sup> Data.gov: <http://www.data.gov/>

<sup>42</sup> Geospatial Platform <http://www.geoplatform.gov/>

las decisiones de adquisición de datos y para proporcionar una arquitectura técnica en el diseño e implementación de una solución de interoperabilidad geoespacial

GIRA es una arquitectura de referencia alineada con la política federal vigente, bajo los principios y prácticas de una arquitectura corporativa. Añade la documentación de la arquitectura para la información geográfica al marco de interoperabilidad general (Information Sharing Environment, 2015). La GIRA pretende facilitar la distribución de la enorme cantidad de información geoespacial potencialmente disponible, y de gran valor para la seguridad nacional, seguridad pública y para otros programas. Es un documento abierto dirigido a usuarios especializados, a gestores de información, a directores de programas y a diseñadores de arquitecturas tecnológicas, dentro de los gobiernos (federal, estatal, local y territorial) y del sector privado. Se caracteriza por:

- Utilizar sistemas abiertos y de proveedor neutral, para permitir la explotación de una amplia gama de soluciones tecnológicas
- Basarse en normas o en un consenso de la comunidad (ISO, ANSI, FGDC/OGC).
- Promover la codificación de la información geográfica en apoyo a las múltiples necesidades de los usuarios.

La NSDI, a diferencia de otras IDEs de grandes dimensiones, se centra en el acceso a los datos y en la interoperabilidad de sistemas. Los aspectos relacionados con la información propiamente dicha (conjuntos de datos fundamentales, especificaciones de datos, etc.), no están muy presentes en sus documentos estratégicos. Presume no sólo de preservar la interoperabilidad técnica, sino de mantener también un flujo de datos sin restricción entre los diferentes gobiernos en todos los niveles, el sector privado y el académico (Folger, 2012).

#### 4.3.6 Global Spatial Data Infrastructure (GSDI)

A pesar de las denominaciones o las iniciativas en diferentes frentes, no existe una IDE a nivel mundial que englobe las iniciativas de las diferentes regiones mundiales o de los propios países. La GSDI es una organización a nivel mundial que reúne a asociaciones, agencias, organismos, empresas y especialistas en información geográfica del mundo entero, con el fin de promover el desarrollo de las infraestructuras de datos espaciales a todas las escalas territoriales. Por tanto, la GSDI no es una IDE global como podría parecer o se podría interpretar cuando en diferentes publicaciones se establece una jerarquía y a esta organización se la sitúa en la cúspide (Nebert, 2004; Rajabifard et al., 2006).

Se trata de una organización que viene funcionando desde 1996 y cuyo objetivo principal es favorecer el acceso global y público a la información geográfica. Una vía para conseguirlo es a través de acciones coordinadas entre países y organizaciones que promueven la sensibilización e implementación de políticas afines, la estandarización y los mecanismos efectivos para el desarrollo, accesibilidad e interoperabilidad de datos geográficos digitales y tecnologías, como base para la toma de decisiones en todas las escalas y con múltiples propósitos. Estas acciones incluyen las políticas, la gestión organizacional, los datos, las tecnologías, los estándares, los mecanismos de transmisión y los recursos humanos y financieros necesarios para asegurar que,

quienes trabajan en los niveles global y regional, no encuentren impedimentos para cumplir sus objetivos (Nebert, 2004).

En los últimos años también se está implicando en este tema la Organización de Naciones Unidas (ONU), mediante el lanzamiento primero de la UNSDI (*United Nations Spatial Data Infrastructure*)<sup>43</sup> y con la posterior creación de la iniciativa para la Gestión Global de la Información Geoespacial (UN-GGIM)<sup>44</sup>. La primera de ellas tenía el propósito de establecer una IDE global para dar coherencia a la gestión de datos geoespaciales en el contexto de las Naciones Unidas, para ayudar al desarrollo sostenible y apoyar el logro de los objetivos de Desarrollo del Milenio de esta organización. Y más tarde la segunda, cuyo objetivo es desempeñar un papel destacado en el establecimiento de la agenda para el desarrollo de la información geoespacial mundial, y así promover su uso para abordar los desafíos clave a nivel global.

Tanto la GSDI como las iniciativas de la ONU son realmente foros de debate, de intercambio de experiencias y de elaboración de proyectos a nivel global. Su utilidad es valorada para la ejecución de grandes proyectos internacionales de ayuda al desarrollo y para difundir en las regiones en vías de desarrollo las metodologías y experiencias implementadas en los países avanzados. La idea de una IDE global, que coordine las actividades y formule políticas relacionadas con la información geográfica, es difícil de sostener y probablemente también sea una tarea innecesaria, ya que los organismos internacionales de normalización tecnológica junto con las grandes empresas de software y las comunidades de usuarios a nivel global ya desempeñan ese papel.

## 4.4 Componentes de una infraestructura de datos espaciales

A lo largo del trabajo ya nos hemos referido a los componentes, elementos o módulos de un sistema de información. Tras el repaso a las arquitecturas recomendadas en las grandes iniciativas de infraestructuras de datos espaciales, en este apartado nos vamos a centrar en enumerar cada uno de esos componentes que conforman las arquitecturas, para así comprender qué papel desempeñan dentro del funcionamiento de una IDE; también nos referiremos a sus relaciones y a la interacción con distintos elementos, además de con los usuarios. Cuando se habla de componentes o partes de una IDE, nos encontramos con una gran variedad de listados y clasificaciones, entre los que además de incluirse los elementos tecnológicos (servicios, visores, aplicaciones, etc.) nos encontramos con que, bajo el mismo concepto, se engloba también a otros actores necesarios para el funcionamiento del sistema (acuerdos, estándares, usuarios, etc.).

### 4.4.1 Clasificación de los componentes

Muchos han sido los autores que han querido identificar y clasificar el conjunto de componentes que conforman la arquitectura de una IDE y que desempeñan una función determinada. En

---

<sup>43</sup> UNSDI: <http://www.ungisw.org/content/united-nations-spatial-data-infrastructure-unsdi>

<sup>44</sup> UN-GGIM: <http://ggim.un.org/>

unos casos se habla de ellos a alto nivel, es decir, describiendo grupos de componentes con una tipología similar, o desde el punto de vista de su función dentro de la infraestructura. Y en otros casos se va al detalle, y se llega a la enumeración de elementos según su funcionamiento informático en el sistema.

Tomando como punto de partida las definiciones de infraestructuras de datos espaciales que se relacionan en el apartado 2.4.3 de este estudio, se observa que se refieren a conjuntos de datos, metadatos, servicios, estándares técnicos, políticas de datos, legislación, tecnologías de red, acuerdos de puesta en común, protocolos, sistemas de acceso, marco institucional, recursos humanos, etc. Muchas de estas definiciones se corresponden con documentos legislativos o acuerdos para la puesta en marcha de un IDE en diferentes regiones del mundo. En cierto modo, algunos de estos términos son sinónimos o se refieren a conceptos similares.

Analizadas estas definiciones, estos elementos se pueden clasificar en cuatro grandes categorías o agrupaciones:

- Relacionados con la información gestionada: conjuntos de datos espaciales, metadatos, registros, listas controladas, etc.
- Relativos al marco institucional, como los instrumentos de coordinación, las políticas de datos o los acuerdos entre socios o participantes.
- Pertenecientes a normas y estándares, incluida la legislación que rige la puesta en marcha de IDEs en los organismos públicos.
- Componentes tecnológicos de acceso y distribución: servicios, redes y aplicaciones.

En algunos textos (Béjar et al., 2012) se simplifica esta relación y se resume en dos categorías de componentes: sociales y tecnológicos. Se deja fuera de esta clasificación a los datos como elemento, pues se considera como algo que forma parte por sí mismo de una IDE. Otros autores como Warnest (2005) introducen como componente intangible el factor humano, formado por los usuarios, las comunidades de interés o cualquier parte interesada (*stakeholders*) en el uso de la información geográfica. En muy pocas definiciones se incluyen los recursos humanos, ya que sobreentiende que son esenciales para el funcionamiento. Partiendo de esta premisa, es fácil plantearse el hecho de que, tal y como está evolucionando el uso de la información en las redes sociales y debido al desarrollo de proyectos en comunidades de software abierto, va a ser imprescindible tener en cuenta este conjunto de componentes como parte esencial en la evolución de una IDE en los próximos años.

En otros casos (Rajabifard & Williamson, 2001a) el planteamiento es que, entre las personas y los datos (figura 4-8), hay un conjunto de componentes que califican como tecnológicos, formados por los estándares, las políticas y las redes de acceso. La interacción entre los usuarios y la información viene dada por estos tres tipos de componentes que forman una capa de una naturaleza muy dinámica, debido a la rapidez con la que se desarrolla tecnología y a los cambios que esto produce en la definición de normas, de restricciones y de responsabilidades entre las personas y los datos.



Figura 4-8 Relaciones entre componentes de una IDE según (Rajabifard & Williamson, 2001a)

Sin embargo, Masser (2007) estructura los componentes en función de las operaciones que se desarrollan dentro de una IDE y hace una descripción muy detallada tomando como modelo la estrategia de la IDE del estado australiano de Victoria (Victorian Spatial Council, 2008). En su trabajo los resume de la siguiente manera:

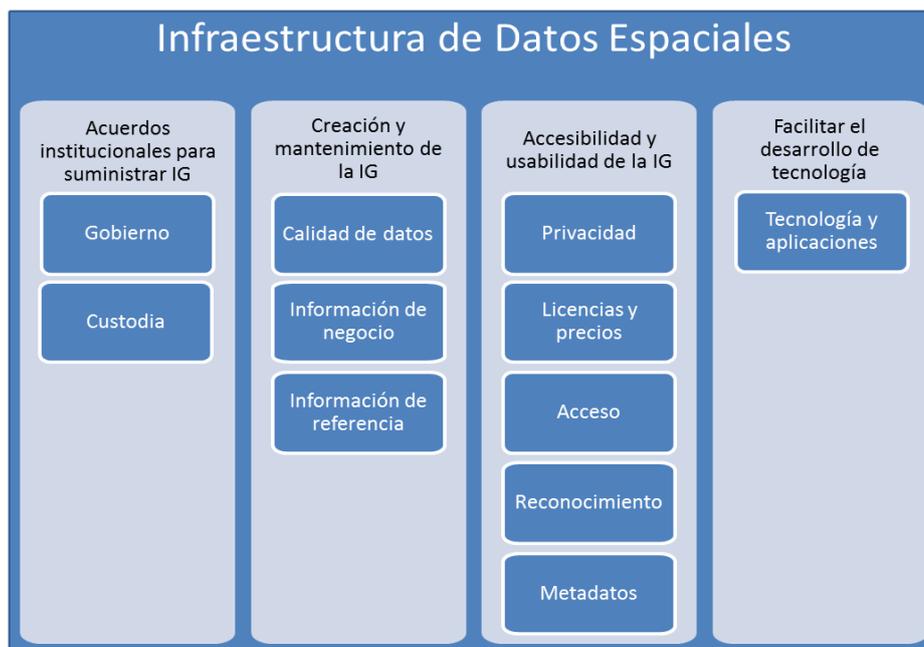


Figura 4-9 Componentes definidos en la de Victorian Spatial Information Strategy. (Victorian Spatial Council, 2008).

La primera de las columnas de la figura 4-9 podría asemejarse al grupo de componentes relativos al marco institucional; la segunda está relacionada con los datos; la tercera es una mezcla de componentes organizativos y normas; y finalmente la cuarta como bien indica en su título, se basa en los elementos tecnológicos

En la implantación de una IDE es necesario evaluar los aspectos técnicos, legales, socio-técnicos, políticos, de organización, culturales, institucionales y financieros (Hjelmager et al., 2008). Utilizando estos enfoques también se pueden agrupar los diferentes componentes y estudiar las relaciones entre ellos, pues como se ha visto anteriormente, la arquitectura no sólo

está formada por componentes, sino que también son fundamentales las relaciones que se establecen entre ellos. Otros autores (Bernabé-Poveda & López-Vázquez, 2012) distinguen cuatro bloques de componentes en la organización de una IDE, que son los geográficos, tecnológicos, políticos y sociales. Esta clasificación coincide básicamente en contenido con la realizada al inicio del apartado, a partir de las propias definiciones de IDE; sólo cambian los nombres asignados a las diferentes categorías.

En resumen y tras el análisis llevado a cabo en la estructura de las diferentes IDEs, tanto en sus definiciones normativas como en los documentos descriptivos de las mismas, finalmente hemos seleccionamos para este trabajo la clasificación de componentes que se recoge abajo, con el fin de usarla como estructura para organizar y describir los elementos de una IDE:

- Componentes relacionados con la información
- Componentes tecnológicos
- Componentes organizativos
- Componentes sociales

La elección de estas categorías no implica que haya que encasillar determinado elemento únicamente en una sola categoría, puesto que las cuatro están estrechamente relacionadas. Si observamos detalladamente la clasificación que hacen algunos autores, observaremos cómo no coinciden a la hora de clasificar los componentes en el mismo grupo. Sin ir más lejos, los servicios web son vistos como elementos tecnológicos en muchos documentos (Craglia, 2010; Masser, 2007; Nebert, 2004), incluido INSPIRE (Smits et al., 2002), mientras que en otros se contemplan como componentes relacionados con la información (Bernabé-Poveda & López-Vázquez, 2012).

#### 4.4.2 Componentes relacionados con la información

En los diferentes textos que se han consultado con el fin de profundizar en el concepto de qué es una IDE, ya se trate de documentos normativos o literatura especializada, el dato o información geográfica no siempre aparece como un componente, ya que se da por hecho que se trata de un elemento esencial, pues sin los datos no existirían los sistemas de información. A pesar de ello, en nuestro caso vamos a considerar que los datos son un componente relacionado con la información, lo cual nos permitirá enumerar a los diferentes conjuntos de datos espaciales (CDE) que gestiona una IDE. Además, hay que tener en cuenta otra serie de elementos relacionados con los datos que debemos tener presentes, como son los metadatos -para catalogar estos datos-, los glosarios -para almacenar las definiciones y términos generales-, los registros como un punto de acceso para identificadores únicos, descripciones y listas controladas y los esquemas de aplicación usados para definir los modelos de datos.

Alguno de estos componentes se podría considerar como parte de otro, o incluso, ligado a la parte organizativa, pero siempre que se clasifican elementos heterogéneos, se corre este riesgo. A continuación, pasamos a describir los componentes que se pueden contemplar en el desarrollo de una IDE y que se consideran ligados a la información:

- **Datos fundamentales o de referencia:** están compuestos por la “información geográfica necesaria para que cualquier usuario y aplicación pueda referenciar sus datos. Proporcionan una localización precisa para la información, permiten cruzar datos de distintas fuentes y sirven para interpretar datos situándolos en un ámbito geográfico” según se definen en el texto de la LISIGE (Gobierno de España, 2010).
- **Información de negocio:** es la información relacionada con cada uno de los nodos temáticos que componen la IDE. En ciertos ámbitos también se denominan “datos temáticos”, y por exclusión, serían aquellos datos que no son de referencia.
- **Metadatos:** describen las características de los datos y a sus proveedores/distribuidores, la utilización de éstos en una organización permite un mejor acceso y recuperación de la información geográfica almacenada en sus sistemas.
- **Registros:** una IDE comprende una serie de elementos que requieren descripciones claras y la posibilidad de ser referenciados a través de identificadores únicos. Como ejemplos de tales elementos se pueden citar los temas que agrupan la información, las listas de códigos, los esquemas de aplicación o los servicios de localización. Los registros proporcionan un medio a través del cual se asignan identificadores a ítems y a sus etiquetas, definiciones y descripciones (en diferentes idiomas). El registro debe proporcionar un punto de acceso central a cierto número de registros gestionados de manera centralizada.
- **Glosarios:** contiene términos generales y definiciones que especifican la terminología común utilizada en las normas y especificaciones que rigen la IDE.
- **Esquemas de aplicación:** este componente suele ser un repositorio que almacena los modelos lógicos que definen los diferentes conjuntos de datos utilizados en la IDE.

Los datos suponen entre el 60% y 80% de los costes atribuidos a la gestión de un sistema de información geográfica y por tanto, son quizás el componente más importante a la hora de construir una IDE (Tóth & Smits, 2009), por ese motivo se ha dedicado un capítulo específico en este trabajo para describir cómo deben producirse, almacenarse y gestionarse de modo que estén disponibles no sólo para los usuarios del SIG, sino también para todos los demás actores a través de la IDE.

#### 4.4.3 Componentes tecnológicos

Los avances en las tecnologías de la información y la comunicación, comúnmente llamadas TIC's, fueron los que permitieron pensar en la definición de estas infraestructuras. Sin embargo, no sólo estos componentes son los determinantes en la obtención de buenos resultados en el funcionamiento de una IDE. A veces, cuando revisamos la literatura relacionada con este tema, parece que sólo existieran este tipo de elementos. Incluso en la formación y especialización de técnicos en información geográfica, los aspectos relacionados con el software, el equipamiento, o las aplicaciones están muy por encima de temas como la organización, los estándares o los metadatos.

El marco tecnológico en las infraestructuras de datos espaciales es la base para disponer de un acceso a los datos distribuido y descentralizado, permitiendo usarlos, intercambiarlos, y producir nueva información espacial. Por otra parte, el marco tecnológico define la infraestructura de

comunicaciones, las aplicaciones de software y el hardware necesarios para su funcionamiento (Borba et al., 2014). En este contexto, los esfuerzos tienen que hacerse en el desarrollo de unos componentes tecnológicos adecuados que den soporte a dinámicas de trabajo colaborativo, que ofrezcan servicios avanzados permitiendo el uso de modelos de decisión y que sirvan de apoyo a los análisis necesarios como soporte a la toma de decisiones (Yang, Raskin, Goodchild, & Gahegan, 2010).

Los componentes tecnológicos están claramente definidos por la arquitectura informática elegida para dar soporte a cada IDE. Las aplicaciones, las bases de datos y los accesos a la información y cualquier otro elemento tecnológico están condicionados por dicha arquitectura.

#### 4.4.3.1 Arquitecturas abiertas

Como se ha visto en otros apartados, la interoperabilidad es un concepto imprescindible para poder compartir información y recursos. Por tanto, la mayor parte de los sistemas utilizados en la gestión de la información geográfica son sistemas abiertos formados por componentes interoperables, escalables y que utilizan estándares abiertos. La interoperabilidad y las arquitecturas abiertas son requisitos fundamentales en el estado del arte de implementaciones de soluciones en el ámbito de las tecnologías de la información (Klopfer, 2005). En los sistemas de información que se desarrollan en la actualidad, basados en la conectividad que permite internet, sólo se contemplan este tipo de arquitecturas abiertas. Se caracterizan por su capacidad para incorporar, modificar o cambiar cualquiera de sus componentes sin que el sistema deba reconstruirse.

El diseño de una arquitectura abierta para un sistema de información ofrece las siguientes ventajas:

- Permite compartir recursos, una función imprescindible para ahorrar costes.
- Posibilita a los administradores reunir los módulos necesarios más rápidamente y aprovechar las oportunidades del mercado conforme van surgiendo gracias al uso de un conjunto definido de estándares
- Ofrece respaldo para el acceso transparente de usuarios a los recursos del sistema.
- Los servicios comunes (elementos fundamentales reutilizables) pueden ayudar a reducir los futuros costes de mantenimiento.
- Simplifica la administración de sistemas.
- Ayuda a los desarrolladores de aplicaciones a implantar soluciones nuevas gracias al acceso transparente a los recursos
- Contribuye a eliminar potenciales problemas de integración de la tecnología en el futuro.

#### 4.4.3.2 Arquitectura orientada a servicios (SOA)

Dentro de estas arquitecturas abiertas, el funcionamiento de un sistema de información geográfica interoperable demanda una arquitectura informática que lo soporte y que garantice la conexión entre todos elementos que lo componen. Entre las arquitecturas de sistemas posibles, el modelo cliente/servidor (C/S) es el estándar que se ha preferido a nivel mundial

para garantizar el funcionamiento de las IDE. Esta arquitectura, cuyos componentes hardware y software se comunican a través de redes de Intranet o Internet, se basa en que un usuario, mediante un programa llamado cliente situado en su ordenador, solicita un servicio a otro programa llamado servidor que está situado en una máquina remota. El servidor recibe la solicitud, y como está basada en estándares, es capaz de comprenderla, buscarla y, tras procesar los datos necesarios, enviar la respuesta a la solicitud del usuario. Este funcionamiento se conoce como Arquitectura Orientada a Servicios (SOA), y se basa, en esencia, en un diseño que representa la funcionalidad del software como servicios de visibilidad a través de la red.

La arquitectura C/S es un modelo para construir sistemas de información, que se sustenta en la idea de repartir el tratamiento de la información y los datos por todo el sistema informático, permitiendo mejorar el rendimiento global del sistema de información. Esta arquitectura se lleva utilizando muchos años, pero el SOA que triunfa en estos momentos para la interconexión de sistemas a lo largo de todo el planeta está basado en estándares, en particular, los servicios en red. Los productores de estos servicios pueden publicar información en un servicio de registro, donde los consumidores o demandantes de un determinado servicio pueden ver los servicios que necesitan, y extraer información sobre los mismos para poder enlazar con ellos.

Las arquitecturas orientadas a servicios (Klopfer, 2005), están basadas en el compromiso de utilizar estándares abiertos, lo que permite que un sistema esté compuesto por bloques de componentes, que pueden ser elegidos, ejecutados y mantenidos de acuerdo con las necesidades de los usuarios, independientemente del proveedor de soluciones y de los modelos de almacenamiento de información

#### 4.4.3.3 Servicios

Según el W3C (Consortio World Wide Web)<sup>45</sup>, los servicios web (servicios de acceso o servicios en red) son un conjunto de aplicaciones o de tecnologías con capacidad para interoperar en la red y que intercambian datos entre sí con el objetivo de satisfacer las necesidades de los usuarios. Los proveedores ofrecen sus servicios como procedimientos remotos y los usuarios solicitan un servicio llamando a estos procedimientos a través de la red. Los servicios, que usan mecanismos de comunicación estándar entre las diferentes aplicaciones, interactúan entre sí para presentar información dinámica al usuario. Gracias al marco de interoperabilidad entre las diferentes aplicaciones, pueden conjugarse una gran variedad de plataformas y entornos de trabajo.

Esta arquitectura está definida en el documento *Web Services Architecture* (WSA) (Booth et al., 2005) elaborado en el W3C donde se identifican sus componentes funcionales y también las relaciones entre estos elementos para conseguir las propiedades deseadas que garanticen su correcto funcionamiento. La WSA está diseñada para proporcionar una definición común de un servicio Web y especificar su lugar dentro de un marco más amplio de servicios web.

La WSA proporciona un modelo conceptual y un contexto para entender los servicios web y las relaciones entre sus componentes. No trata de especificar cómo se implementan servicios Web y no impone ninguna restricción sobre cómo podrían combinarse los servicios web.

---

<sup>45</sup> W3C (<https://www.w3.org/standards/webofservices/>)

Simplemente describe las particularidades que son comunes a todos los servicios y una serie de características que necesitan la mayor parte de éstos.

Se puede decir que los servicios son el componente tecnológico principal en una IDE, pero también podemos clasificar como componentes de este grupo a los siguientes elementos:

- **Las aplicaciones de usuario** son el software con el que normalmente interactúan los usuarios; Pueden ser altamente personalizadas (aplicaciones analíticas o de campo), o sencillas para uso general. Los datos pueden llegar a través de servicios o accediendo directamente a las bases de datos o repositorios de información (ficheros).
- **Los catálogos** permiten a los clientes y servicios averiguar qué repositorios o servicios están disponibles y son apropiados para su uso. Se puede considerar que también son aplicaciones de usuario, pero como su papel es fundamental en todas las IDEs, se separan como un componente diferente.
- **Los Gazetteers** son una especie de "meta-servicio", que proporciona la ubicación geográfica de los nombres de lugares. Desempeñan una función similar a los catálogos.
- **Los repositorios de contenido** proporcionan datos geoespaciales en forma de objetos geográficos, coberturas y atributos o tablas de datos. Por lo general, se trata de un gestor de bases de datos que se utiliza para el almacenamiento de la información. Dada la diversidad de formatos en los que se puede guardar la información geográfica, a estas bases de datos normalmente se les incorporan unos repositorios de ficheros que guardan la información que no es susceptible de ser almacenada en la propia base de datos.

#### 4.4.4 Componentes organizativos

Cuando se habla de sistemas de información, interoperabilidad, y otros conceptos relacionados con la informática de sistemas, parece que se deja de lado uno de los aspectos más importante a la hora de construir una infraestructura de datos espaciales, como es el marco organizativo o institucional. Ambos marcos se utilizan para denominar e incluir las tareas de coordinación, organización, establecimiento de políticas, aprobación de disposiciones para la construcción, acceso y aplicación de normas y estándares, así como la promoción de la propia IDE (Borba et al., 2014; Feeney, Williamson, & Bishop, 2002; Rajabifard & Williamson, 2001b). Cabe señalar que, en determinados textos técnicos relacionados con este tema, se refiere a estos componentes como aspectos políticos.

La descripción de los aspectos organizativos (especificaciones de usuario o modelos de negocio) no se suele llevar a cabo con la misma riqueza descriptiva que se emplea a la hora de definir los modelos técnicos (marcos de referencia o modelos de implementación). Mientras que el hecho de no seguir las especificaciones técnicas da como resultado un entorno poco interoperable que, por lo tanto, no funcionará correctamente; el hecho de ignorar los modelos de tipo organizativo, no impide que el sistema funcione, pero a corto y medio plazo surtirá efectos sobre la penetración y el éxito del proyecto (Kuhn et al., 2000). En algunos trabajos (Nedovic-Budic & Pinto, 2001) se introduce el término "interoperabilidad suave" para llamar la atención sobre los aspectos sociales y organizativos necesarios para compartir la información geográfica y bases de datos asociadas a través organizaciones.

Aunque podemos encontrar entre varios autores y en documentos estratégicos de implantación de grandes iniciativas IDE algunos de estos elementos, no presentan una clasificación uniforme ni utilizan la misma nomenclatura. A continuación, enumeramos los principales componentes de este tipo organizativo:

- **Órgano de gestión y coordinación:** este órgano colectivo es fundamental para un correcto funcionamiento de la IDE y para aportar coordinación y gobernabilidad en diversas actuaciones. La solución organizativa óptima depende de la cultura de cada país o región y de los medios de que se disponga (Bernabé-Poveda & López-Vázquez, 2012).
- **Marco legal:** establece las competencias, el régimen jurídico, la política de datos general a adoptar, en el ámbito de actuación de los organismos implicados. En este contexto, un buen marco legal es fundamental para el desarrollo y mantenimiento de una infraestructura de datos espaciales. También proporciona seguridad jurídica y permite una mejor evaluación de su funcionamiento utilizando diferentes criterios (Janssen, 2008).
- **Acuerdos institucionales:** este instrumento establece los requisitos de colaboración entre organismos públicos, que son los que principalmente gestionan las IDEs. Como es lógico, también tienen cabida los acuerdos con empresas privadas y con el sector académico.
- **Definición de estándares:** ésta es una labor que se encarga a los organismos de normalización nacionales e internacionales (ISO, CEN, AENOR, etc.), pero en la propia organización de la IDE se debe decidir qué perfil de cada norma se elige o que especificación se aplica. Los estándares constituyen el enlace entre los diferentes componentes proporcionando lenguajes y conceptos que hacen posible la comunicación y coordinación (Zarazaga-Soria, Nogueras-Iso, Béjar, & Muro-Medrano, 2004).
- **Despliegue de redes de comunicaciones:** este instrumento no suele aparecer mucho en la documentación, ya que normalmente es un servicio prestado por una entidad ajena al entorno geográfico. Es el encargado de gestionar la infraestructura para el transporte de la información, es decir, el organismo que habilita el acceso a Internet.

#### 4.4.5 Componentes sociales

Cuando se considera que la implementación de una IDE ha sido un éxito, se alaban principalmente sus características técnicas, mientras que las cuestiones relativas a los componentes sociales u organizativos no se incorporan en el análisis. Sin embargo, cuando la implementación se considera un fracaso, se recalcan estos factores no técnicos sobre manera (Koerten, 2008). Los aspectos sociales son difíciles de conceptualizar, y eso hace que no se contemplen en muchos de los documentos y artículos que describen la puesta en marcha, el funcionamiento o las características de una IDE.

No podemos dejar de señalar que el factor humano es clave en el proceso de toma de decisiones. Todas las decisiones requieren datos y, a medida que los datos se vuelven más volátiles, los problemas de intercambio de datos, de seguridad, de exactitud y de acceso demandan la necesidad de relaciones más definidas entre los usuarios y los datos (Rajabifard & Williamson, 2001a). Los derechos, las restricciones y las responsabilidades que influyen en la relación de los

usuarios cada vez se complican más debido a cuestiones de gestión social, ambiental y económica

Estos componentes conforman la parte humana de las IDE y están integrados por los denominados “actores interesados” en su funcionamiento, bien sea como productores de datos, por ser distribuidores, ser usuarios o simplemente pertenecer a comunidades de difusión y apoyo. Como ocurre con los componentes organizativos, no hay un consenso claro para establecer una relación de los mismos. Bernabé-Poveda & López-Vázquez (2012) establecen la siguiente:

- **Productores de datos:** son entidades u organismos, mayoritariamente públicos, que elaboran y mantienen los datos geográficos.
- **Proveedores de servicio:** son organizaciones que asumen la implementación, puesta en producción y mantenimiento de servicios web. Lo más natural y eficaz es que el organismo que ha producido unos datos sea el que se encargue de proporcionar el servicio web correspondiente, garantizando así que la información que muestre el servicio esté actualizada.
- **Desarrolladores de aplicaciones:** son individuos, organismos y organizaciones públicas o privadas que crean las aplicaciones que intervienen en una IDE, ya sean las aplicaciones que proporcionan los servicios, las aplicaciones cliente que los explotan, o los geoportales que son la puerta de entrada a una IDE y que presentan toda la información. Este papel con frecuencia lo desempeñan empresas privadas y universidades.
- **Colaboradores en la definición de estándares y normas:** son organismos públicos, universidades y empresas privadas que colaboran en el desarrollo de los borradores y contribuyen a la creación de las versiones finales de estos documentos.
- **Intermediarios (*brokers*):** normalmente son empresas y organizaciones que aprovechando los recursos básicos que hay disponibles en una IDE (servicios, software compartido, datos, metadatos...) los integran, adaptan y generan servicios de valor añadido.
- **Usuarios finales:** son ciudadanos, organismos públicos o privados, empresas, universidades y cualquier otra persona física o jurídica que definen las necesidades de la IDE. Colectivamente son el actor más importante para el desarrollo de un proyecto IDE, y suelen organizarse en comunidades.

Esta clasificación tipifica a los diferentes actores en base a la función que desempeña en una IDE. La mayor parte de las veces, este componente humano actúa de forma colectiva. Se forman comunidades o grupos de trabajo que pueden formar asociaciones para compartir experiencias sobre tecnologías, coordinación y desarrollo de los proyectos. También es importante reconocer que un buen marco institucional debería poder crear acuerdos formales e informales con estas comunidades como una manera para facilitar el trabajo cooperativo y colaborativo.

En el caso de INSPIRE, estos grupos de trabajo, que aglutinan tipos de usuarios muy variados son fundamentales en su desarrollo. La Comisión Europea, en febrero de 2005, preparó un Programa de Trabajo para las Fases Preparatoria (2006-2007), de Transposición (2007-2008) y

de Implantación (2009-2013) para que participaran en él las organizaciones interesadas. Se crearon dos tipos de grupos para aportar expertos que pudieran contribuir al proceso:

- Comunidades de interés sobre datos espaciales (SDIC: *Spatial Data Interest Communities*). Compuesto por técnicos expertos en información geográfica especializados en algunos de los temas definidos en los anexos de la Directiva.
- Organizaciones con funciones asignadas legalmente (LMO: *Legal Mandate Organisations*). Compuesto por expertos de organizaciones con competencia legal en la producción y distribución de la información geográfica que exige la Directiva.

## 4.5 Conclusiones

Las infraestructuras de datos espaciales son ambientes complejos y dinámicos que implican a un incontable número de organizaciones, personas y grandes volúmenes de información espacial en diferentes contextos, dominios y disciplinas (Borba et al., 2014). Con el objetivo de apoyar y fomentar el flujo de información entre las diferentes partes interesadas (administración, ciudadanos, sector privado e investigadores) el Marco de Referencia de una IDE, o de cualquier gran sistema de información, debe establecerse de una manera clara y estructurada.

En la revisión realizada en este capítulo, detectamos que en las primeras iniciativas de implantación de IDEs, se hicieron intentos para determinar este marco de trabajo, que buscaba la mejor manera de definir la arquitectura para facilitar la definición de componentes y lograr una óptima interoperabilidad entre los diferentes sistemas. Posteriormente, a partir de la definición de ISO y OGC, todos los proyectos han seguido las directrices marcadas por estos organismos a la hora de estructurar sus IDEs.

### 4.5.1 Sobre la elección de modelo de referencia en una IDE

Basándonos en el estudio realizado en este capítulo sobre los diseños y estrategias que plantean la mayoría de las iniciativas IDE, se puede afirmar que el modelo más adecuado para describir la arquitectura de una IDE es el RM-ODP. Este modelo constituye, junto con otros, la base conceptual para la familia de estándares de información geográfica ISO 19100, así como para el modelo de referencia de OGC (Open Geospatial Consortium, 2008). La elección de cualquier otro modelo de referencia conllevaría la redefinición de los estándares ya establecidos o la creación de nuevos estándares dentro del área de la información geográfica, lo que sería enormemente costoso.

Desde el punto de vista tecnológico, la Arquitectura Basada en Servicios (SOA) identifica los elementos de la red global de servicios que son necesarios para garantizar la interoperabilidad entre servicios web. Por tanto, si se desea aprovechar todas las facilidades que dan las tecnologías de la información y comunicación, se debe pensar siempre en utilizar este tipo de arquitectura tecnológica, ya que garantiza alcanzar la máxima interoperabilidad posible.

A nivel mundial, no se concibe una IDE que no tenga un diseño basado en una arquitectura orientada a servicios. Por lo tanto, cabe afirmar que los servicios son el componente tecnológico principal de una infraestructura de datos espaciales, y el resto de los componentes están

diseñados para permitir un mejor funcionamiento de esos servicios. Sólo la iniciativa de Australia y Nueva Zelanda utiliza otro tipo arquitectura, la MDA<sup>46</sup>, pero está más relacionada con el diseño de su infraestructura basada en los datos, que con el funcionamiento y relación entre los diferentes componentes de la IDE. En cuanto a los tipos de servicios, el catálogo más amplio lo ofrece la Directiva INSPIRE, que asumiendo las especificaciones de OGC, enriquece estos servicios con algunas particularidades que los sitúa en un nivel superior, lo que también dificulta su elaboración.

#### 4.5.2 Sobre la importancia de los aspectos organizativos frente al aspecto tecnológico

En los modelos descritos por los organismos normalizadores ISO y OGC, junto con los definidos para las grandes IDE, se detectan semejanzas en los aspectos tecnológicos, siempre basados en la familia de normas ISO 19100. Sin embargo, en lo que respecta a los aspectos organizativos y sociales, la diferencia es altamente notable, y en gran medida, debido a las distintas “culturas de gobierno”. La información geográfica en Europa depende casi en su totalidad de los gobiernos, mientras que en países como EEUU, la iniciativa privada tiene un papel más determinante.

Aunque unas óptimas condiciones políticas, sociales y culturales son vitales para el desarrollo de una IDE, el marco jurídico también juega un papel significativo de dos formas, como mínimo (Janssen, 2008):

1. Formaliza las condiciones políticas, sociales y culturales en un marco vinculante que proporciona un conjunto mínimo de derechos y obligaciones para las partes. Estas condiciones están disponibles para todos y no dependen de circunstancias personales o situacionales. Básicamente, el marco proporciona seguridad jurídica.
2. Proporciona los medios para responder a los problemas que surgen entre los diferentes actores en la IDE.

Esta es la visión europea de la IDE, y de ahí viene que en este continente haya legislación específica para ordenar el funcionamiento de dicha infraestructura. En lugar de ser dependiente de la buena voluntad y las circunstancias, aquí los actores tienen derechos que pueden aplicarse, exigiendo que las personas y organizaciones involucradas sean responsables de sus acciones.

Tras estudiar los componentes, observamos que una IDE no sólo es un conjunto de datos, servicios, geoportales y metadatos. Es necesario incluir más elementos para que el proyecto alcance su objetivo con éxito. Para ser interoperables, se debe trabajar activamente en el proceso de asegurar que los sistemas, los procedimientos y la cultura de una organización se gestionen de forma que se maximicen todas las oportunidades de intercambio y reutilización de la información y de los servicios, ya sea interna o externamente (Klopper, 2005). Los componentes organizativos, la gestión pública, los aspectos legales, la tecnología y las implicaciones económicas juegan un papel fundamental en el desarrollo de un proyecto IDE sostenible en el

---

<sup>46</sup> MDA: Model Driven Architectur (Arquitectura orientada a modelos).

tiempo. Esta aproximación, se podría decir que multidisciplinar, proporciona un planteamiento más completo a la hora de construir un sistema tan complejo.

Existen bastantes autores (Borba et al., 2014; Janssen, 2008; Nedovic-Budic & Pinto, 2001) que califican de vital la importancia de los componentes organizativos en la construcción de la IDE porque determinan la manera en que las diferentes unidades van a llevar a cabo su tarea, brindando directrices claras sobre cómo proceder. Estos elementos muestran la necesidad de ocuparse de la estructura desde el inicio de la organización. Zarazaga-Soria et al. (2004) llegan más allá y sugieren que los aspectos políticos (organizativos y sociales) son más críticos que los componentes técnicos o tecnológicos a la hora de consolidar una IDE.

#### **4.5.3 Sobre la aplicación de los marcos de referencia y arquitecturas tecnológicas en los SIG corporativos**

Los marcos de referencia y arquitecturas tecnológicas estudiados en este capítulo constituyen una inmejorable base para la construcción de un sistema de información geográfica corporativo. El establecimiento de este tipo de sistemas a través de los diferentes niveles de una organización, requiere la definición de una arquitectura que se configure a partir de componentes que incluyan los aspectos tecnológicos, organizativos, los relativos a los datos y los relacionados con los usuarios.

Para el diseño de este marco de referencia se necesita un conocimiento básico de las diferentes áreas de interés (dominios) que son competencia de cada uno de los departamentos o unidades que conforman la organización y que engloba los datos gestionados. Para garantizar un sistema sostenible (componente tecnológico) es necesario identificar los requerimientos de usuario (componente social) relativos a los datos utilizados (componente relacionado con la información) y las entidades de negocio que proporcionan y usan esos datos (componentes organizativos). Estos requerimientos deberían estar reflejados en el marco de referencia del sistema de información para proporcionar una alta flexibilidad y un entorno único.

# 5

## Especificaciones de datos para un SIG corporativo

Tal y como se vio en los dos primeros capítulos, y teniendo en cuenta los componentes analizados en el capítulo anterior, para realizar una gestión óptima de la información geográfica, es imprescindible encontrar cual es el mejor procedimiento a la hora de organizar internamente los datos, de manera que se satisfagan las necesidades de todos los usuarios. Esto se entiende así, ya que, en un entorno corporativo, hay que conseguir que los mismos datos se puedan utilizar para, cuantos más propósitos mejor.

Por lo general, la información geográfica no se genera para que sólo por unos pocos usuarios tengan acceso a ella ya que su elaboración es muy costosa. La tecnología actual permite que se pueda compartir de forma dinámica y sencilla, por lo tanto, no debería suponer un problema que un dato geográfico tenga un amplio recorrido y llegue a muchos beneficiarios. Para cumplir este propósito, además de tecnología, es preciso que la información disponga de una descripción muy detallada y presente una serie de características mínimas para que los usuarios la entiendan sin necesidad de mayores interpretaciones ni esfuerzos adicionales.

Los SIGs se conciben como herramientas que gestionan gran variedad de datos geográficos y permiten analizar cualquier tipo de fenómeno que se produzca en el territorio. Para que no sea una labor complicada para los usuarios es necesario establecer mecanismos para compartir la información geográfica sin restricciones ni barreras que impidan su uso. Además de políticas abiertas para el uso de la información, es muy importante que los datos cumplan una serie de criterios de interoperabilidad con el fin de eliminar el trabajo de transformación o reinterpretación.

En la actualidad, los usuarios de información geográfica emplean el 80% de su tiempo recogiendo y gestionando la información, y sólo un 20% analizándola para resolver los problemas y generar beneficios (Geographic Information Panel, 2008). Esta enorme diferencia de tiempos de proceso se puede reducir si se evita la realización de trabajos de re-ingeniería de datos (conversión de formatos, cambio de esquemas, extracción de elementos presentes en una misma capa, etc.). En la Directiva INSPIRE (Parlamento Europeo, 2007), la interoperabilidad se define como “la posibilidad de combinación de los conjuntos de datos espaciales y de interacción de los servicios, sin intervención manual repetitiva, de forma que el resultado sea coherente y se aumente el valor añadido de los conjuntos y servicios de datos”. Y en el mismo texto, los datos espaciales se denominan interoperables cuando cumplen unas especificaciones de producto de datos armonizadas y consensuadas por todos. Por lo tanto, para que un SIG con muchos usuarios funcione perfectamente en un entorno corporativo, es necesario trabajar

intensamente en la definición de especificaciones o modelos de datos, así como sobre los contenidos que conforman los conjuntos de los datos espaciales que gestiona nuestro sistema.

En este capítulo vamos a revisar qué implica el disponer de especificaciones de datos en un sistema de información geográfica corporativo. Para ello, en primer lugar vamos a concretar qué conceptos son necesarios para definir las especificaciones de datos, incluyendo las normas existentes y los contenidos necesarios para su elaboración. Después esquematizaremos el intercambio de información entre sistemas para ver cómo encajan estos conceptos en el funcionamiento habitual en un entorno de múltiples SIGs, y para ver cómo funciona su interoperabilidad. Más adelante haremos un repaso de los trabajos más importantes realizados hasta la fecha, incidiendo en los tipos de especificaciones y en los conjuntos de datos definidos por éstas. A continuación, vamos a describir una metodología para la elaboración de estos documentos de especificaciones y a determinar los conjuntos de datos fundamentales para implantar cualquier SIG corporativo. Antes de finalizar con las conclusiones del capítulo, se va a hacer una revisión de los metadatos de información geográfica y su posición respecto a las especificaciones.

## 5.1 La modelización en los datos geográficos

Cuando necesitamos almacenar información del mundo real en una base de datos o aplicación informática, tenemos que recurrir a la modelización, es decir, a hacer una interpretación de la realidad y describirla en un lenguaje entendible por los ordenadores. Este proceso es lo que se denomina creación de un Modelo de Datos. Aunque pueda parecer complejo, un técnico encargado de manejar datos de redes de transporte terrestre, o un especialista en cartografía geológica están habituados a manejar una serie de conceptos en su campo de actuación, que serán los que finalmente formen parte del modelo de datos en cuestión. Se puede decir que el modelo actúa como una función matemática por la cual un elemento del dominio origen (Ej. una parcela en el mundo real), se representa en otro dominio o dominio destino (Ej. un polígono cerrado en un programa informático). Cada elemento del dominio origen que se incluya en el modelo de datos, tendrá un objeto lógico con unas propiedades y comportamientos predefinidos.

Cuando a un modelo de datos se le añaden las reglas para la su captura, las codificaciones y formatos de entrega, los requisitos de calidad de los datos y los metadatos que los describen, se forma un documento denominado Especificaciones de Producto de Datos (Tóth et al., 2012).

El desarrollo de especificaciones para datos espaciales se enfrenta a varios desafíos. Durante mucho tiempo se han estado desarrollando modelos cartográficos que describen el mundo real pero ajustado para unos fines específicos. Si nos encontrábamos con el caso de que se definía un elemento para un mapa topográfico, por ejemplo un río, su descripción podía no coincidir con la definición de este mismo elemento en otro tipo de mapa, como por ejemplo en uno geológico. Estamos hablando de modelos generalmente para mapas impresos lo que conlleva la definición de colores y estilos para este fin. La estructura de los elementos, la escala (o precisión) y el diseño de un mapa normalmente sólo se ajustaban a un número limitado de casos.

Hoy en día, las demandas de interoperabilidad entre datos de diferentes trabajos cartográficos, distintas organizaciones y desiguales niveles de detalle, hace que sea aún más difícil elaborar descripciones o modelos de datos que admitan el uso de datos espaciales para muchos proyectos diferentes. Se necesita elaborar un buen documento de especificaciones que permita producir, almacenar y difundir un mismo dato geográfico para múltiples propósitos.

### 5.1.1 Términos y conceptos utilizados para modelizar

Para identificar, definir y clasificar los objetos del mundo real que se consideran dentro de estos modelos, se suelen utilizar una serie de conceptos. Estos son conocidos entre los usuarios especializados en sistemas de información geográfica, pero es interesante tenerlos definidos para despejar las dudas que puedan surgir al modelizar y manejar los datos geográficos. Para ello, basándonos en la familia de normas ISO 19100, detallamos las siguientes definiciones:

- **Objeto geográfico:** es la representación abstracta de un fenómeno real que se corresponde con una localización o zona geográfica específica. Este término es el *feature* que se utiliza en las normas ISO 19100 (en inglés), que en determinados documentos se traduce al español como “fenómeno o rasgo” (Kresse & Fadaie, 2004). Según el Comité Técnico 148 de AENOR, encargado de la información geográfica, el nombre correcto sería “objeto geográfico” aunque están admitidas las otras dos denominaciones (Rodríguez Pascual, 2013). Sin embargo, la frase inglesa *spatial object*, también es utilizada en esta familia de normas para referirse a una geometría espacial o topología.
- **Atributo de objeto geográfico:** es la característica de un fenómeno, según la norma ISO 19101 (ISO/TC 211, 2014). Tiene asociado un nombre, un tipo de dato y un dominio para sus valores. El atributo de una instancia tomará un valor perteneciente a su dominio.
- **Asociación espacial:** relación espacial o relación topológica que puede existir entre fenómenos, según la norma ISO 19109 (ISO/TC 211, 2015). Estas relaciones dependen de la posición espacial relativa de los fenómenos.
- **Capa:** si se toma la definición que aparece en la Base Topográfica Armonizada (Comisión Especializada de Normas Geográficas, 2008) del Consejo Superior Geográfico de España, una capa es un subconjunto lógico de un conjunto de datos definido para la gestión homogénea de información que tiene características comunes, aunque a veces se confunde con el término **Tema**. Para el organismo *Eurogeographics* (Eurogeographics, 2003), la capa se compone de un conjunto consistente de datos del mismo tipo. Para datos vectoriales, una capa es una colección predefinida de características geográficas, agrupados por tema, que se encuentra en un solo nivel especificado de la topología (siguiendo las reglas de ese nivel de la topología, por ejemplo, si es gráfico plano, no hay líneas de cruce). También se puede hacer referencia a una capa de la cobertura cuando los datos son ráster.
- **Tema:** agrupación de objetos espaciales que son relevantes cuando describen el mundo real desde un punto de vista específico (Parlamento Europeo, 2007).

- **Conjunto de datos espaciales (CDE):** colección identificable de datos geográficos (Parlamento Europeo, 2007).
- **Diccionario de conceptos de objetos geográficos:** diccionario que contiene términos y definiciones necesarias para especificar los tipos de objetos espaciales temáticos. Su principal función consiste en apoyar el esfuerzo de armonización e identificar los conflictos entre las especificaciones de objetos espaciales compartidos por diferentes temas (Parlamento Europeo, 2007).
- **Catálogo de objetos geográficos:** relación ordenada que contiene definiciones y descripciones de tipos de objetos geográficos, de sus atributos y las relaciones entre ellos, que se dan en uno o más conjuntos de datos geográficos, junto con su estructura y las operaciones que puedan contener. La norma que define esta catalogación es la ISO 19110 (ISO/TC 211, 2016a).
- Un documento de especificación de producto de datos contiene la descripción detallada de una serie de datos o conjunto de datos con información adicional que permite crearlos, proveerlos y usarlos por un tercero (ISO/TC 211, 2011b). El diccionario de conceptos de objetos geográficos y el catálogo de objetos geográficos forman parte de este documento. Para entenderlos bien, debemos conocer cómo se manejan los siguientes conceptos que intervienen en la modelización de un elemento del mundo real:
- **Universo de discurso:** es una pieza seleccionada del mundo real que un ser humano o una comunidad desea describir en un modelo. El universo del discurso puede incluir no sólo objetos espaciales tales como cursos de agua, lagos, islas, límites de propiedades, propietarios y áreas de explotación, sino también sus atributos, sus operaciones y las relaciones que existen entre tales objetos espaciales.
- **Modelo conceptual:** define semánticas (conceptos) para categorizar objetos geográficos (espaciales) dentro del ámbito de la descripción (universo del discurso) de un hipotético mundo real.
- **Esquema conceptual:** es una descripción rigurosa de un modelo conceptual para un universo de discurso. Se realiza en un lenguaje formal que puede ser analizado por un ordenador o un ser humano, y contiene todas las construcciones lingüísticas necesarias para formular un esquema conceptual y manipular su contenido.
- **Esquema o modelo de aplicación** (o modelo lógico): añade estructura lógica a la semántica definida en el modelo conceptual. Describe este esquema en forma de datos y operaciones.

En aplicaciones del tipo de sistemas de información, es habitual trabajar con dos modelos (Silberschatz, Korth, & Sudarshan, 1997): el modelo conceptual y el modelo de aplicación. El modelo conceptual básicamente sirve para clasificar, identificar y representar los fenómenos del mundo real que se está modelando. Se suele utilizar como herramienta de comunicación entre el equipo de desarrollo y los usuarios finales del sistema. En general, no siempre es posible representar el modelo conceptual directamente en un sistema de software. Por ejemplo, para la clase de aplicaciones que se están analizando y que manejan objetos geográficos, el modelo conceptual se abstrae de cómo representar en un ordenador los conjuntos infinitos de puntos de las diferentes geometrías que componen un mapa. El modelo de aplicación o lógico se

encarga de buscar la representación adecuada para el modelo conceptual en el sistema de software elegido para soportar el sistema de información geográfica. Es decir, dado un modelo conceptual determinado, el modelo de aplicación que se defina para un SIG basado en software PostGIS será diferente al usado con un sistema basado en tecnología ArcGIS.

En la figura 5-1 podemos ver de manera esquemática el papel del modelado conceptual para representar la información geográfica, relacionando el mundo real con los datos que finalmente usamos en el SIG resultante según la norma ISO 19109 (INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 2013).

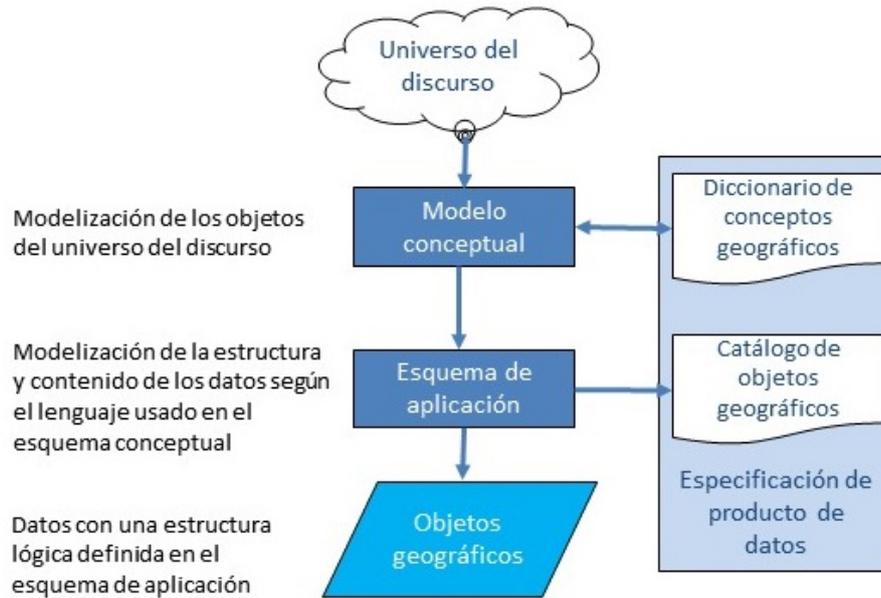


Figura 5-1 Modelización de un objeto real (adaptado a partir de la norma ISO19109)

Para ayudar a identificar estos conceptos, se puede ejemplificar diciendo que un objeto del universo del discurso podría ser un edificio, que estaría definido de la forma conceptual como “una construcción fija, hecha con materiales resistentes, habitable o no. Incluye edificios aislados, edificios entre medianeras, castillos, fortalezas y torreones aislados (que se utilicen como habitáculo o edificación), edificios de faro, torres de control de los aeropuertos”. Este objeto geográfico o fenómeno llevaría asociado unos atributos que pueden indicar su función (vivienda, oficinas, comercia, industria, etc.) y su número de plantas. Además, tendría una asociación espacial con el objeto manzana, que cuya geometría estaría compuesta de edificios y solares. Pertencería a una capa de edificaciones que compartiría con otros objetos geográficos como edificación ligera y depósitos entre otros. Esta capa estaría incluida en el tema de edificaciones y construcciones.

### 5.1.2 Normas para la definición e intercambio de datos geográficos

Para describir la información geográfica se dispone de una norma dentro del grupo ISO 19100, que está destinada concretamente a la creación de especificaciones de productos de datos de manera que éstos sean fácilmente comprensibles y cumplan el fin deseado. Esta norma es la

ISO 19131, llamada *Data Product Specification* (ISO/TC 211, 2011b) que describe los requisitos para las especificaciones de producto de datos geográficos basados en conceptos de otras normas ISO. Además de esta norma, en los trabajos de modelización de información geográfica es necesario tener en cuenta otras normas que se detallan a continuación (ISO/TC 211, 2010):

- **ISO 19107 Esquema espacial:** proporciona esquemas conceptuales (en clases UML) para describir y manejar las características espaciales de los objetos geográficos mediante combinaciones de primitivas geométricas y/o topológicas.
- **ISO 19108 Esquema temporal:** define los conceptos estándar que se necesitan para describir las características temporales de la información geográfica. Incluyen atributos del objeto, operaciones del objeto, asociaciones del objeto y elementos de metadatos que toman un valor en el dominio temporal.
- **ISO 19109 Reglas para el esquema de aplicación:** define las reglas para crear y documentar esquemas de aplicación, incluyendo los principios para la definición de objetos. Estos esquemas proporcionan una descripción formal de la estructura de datos y el contenido que requiere una o más aplicaciones.
- **ISO 19111 Referencia espacial por coordenadas:** describe los datos mínimos que se requieren para definir sistemas de referencia por coordenadas espaciales unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales con una extensión a los sistemas de referencia espacio-temporales fusionados. También detalla los elementos que son necesarios para definir por completo diversos tipos de sistemas de coordenadas y sistemas de referencia por coordenadas aplicables a la información geográfica.
- **ISO 19112 Referencia espacial por identificadores geográficos:** establece un modelo general para la referencia espacial usando identificadores geográficos, define los componentes de un sistema de referencia espacial y concreta los componentes esenciales de un catálogo de nombres geográficos. Este tipo de referencia espacial algunas veces se llama “indirecta”.
- **ISO 19123 Esquema para geometría y funciones de cobertura:** proporciona un esquema para una representación alternativa de la información espacial como una cobertura, en la que los atributos no espaciales se asignan directamente a objetos geométricos en vez de a elementos conformados por dichos objetos.
- **ISO 19137 Perfil principal del esquema espacial:** define un perfil principal del esquema espacial que se especifica en la ISO 19107 que indica, de acuerdo con la ISO 19106, un conjunto mínimo de elementos geométricos necesarios para la creación eficiente de modelos de aplicación.
- **ISO 19141 Esquema para objetos en movimiento:** especifica un esquema conceptual que trata sobre objetos en movimiento, es decir, objetos cuyas ubicaciones cambian a través del tiempo.

Como podemos observar en la relación de normas anterior, la elaboración de un documento de especificación de datos puede llegar a ser muy complejo y hay que tener en cuenta muchos detalles para no dar pie a equívocos ni, sobre todo, a diferentes interpretaciones en la descripción de un objeto geográfico.

Además de describir la información geográfica, se debe hacer todo lo posible para que ésta se pueda intercambiar entre diferentes SIGs. En este caso, se debe tener en cuenta otra serie de normas que concretan la forma de codificar la información que se transmite entre sistemas. Según las indicaciones descritas en el modelo de referencia en la norma ISO 19101 (ISO/TC 211, 2014), para sustentar el intercambio de información geográfica entre sistemas hay que considerar los siguientes documentos normativos:

- **ISO 19118 Codificación de información geográfica:** proporciona un modelo para la codificación de datos basada en las reglas que concuerda con un esquema de aplicación.
- **ISO 19136 Lenguaje de marcado geográfico (GML):** especifica codificaciones XML que cumplen con la ISO 19118 de cierto número de clases conceptuales.
- **ISO 19139 Esquema de implementación de metadatos:** define la codificación XML de metadatos geográficos, una aplicación del esquema XML derivada de la ISO 19115 y que cumple con la ISO 19118.

Y dos documentos que no pertenecen a esta familia de normas, pero son necesarios para esta tarea:

- **ISO 6709 Standard representation of geographic point location by coordinates:** especifica la representación de coordenadas que se utilizan para describir ubicaciones de puntos.
- **Lenguaje UML 2.1.2 Unified Modelling Language:** que es utilizado para la modelización conceptual de esquemas.

Hay más normas que se utilizan para el manejo de la información geográfica, pero aquí se han resumido aquellas que tienen una relación mayor con la descripción e intercambio de información. El resto se comentan en el capítulo 2 de este trabajo.

### 5.1.3 Contenido de las especificaciones de producto de datos

Si se toma como base la norma ISO 19131 (ISO/TC 211, 2011b) que, como ya se ha comentado en el apartado anterior, describe los requisitos para la especificación de productos de datos geográficos con base en los conceptos de otras normas ISO 19100, se puede elaborar y comprender un documento de este tipo. La norma describe el contenido y la estructura de una especificación del producto de datos, y ofrece ayuda en la creación de las especificaciones, a fin de que se puedan entender con facilidad y se adecúen al fin que se pretende.

El documento de especificación del producto de datos contiene una descripción detallada de los datos a los que se refiere, junto con información adicional que permite a cualquier usuario crearla, proveerla y utilizarla. Además, no se limita a los objetos geográficos de una capa de información o tema, sino que entra en juego el concepto de “producto de datos”, que está definido en la ISO 19135 como “conjunto de datos o serie de conjuntos de datos conforme a unas especificaciones de producto de datos”. Es decir, el organismo que elabora el documento de especificaciones define el alcance o ámbito de los objetos geográficos contenidos en él. En el caso de la directiva INSPIRE (Parlamento Europeo, 2007), se ha definido una especificación de datos para cada uno de los 34 temas en los que está dividida toda la información. Sin embargo,

la Comisión Especializada de Normas Geográficas del Consejo Superior Geográfico, define en una única especificación de producto BTA v1.0 (Comisión Especializada de Normas Geográficas, 2008) toda la cartografía topográfica a escala 1:5.000 que contiene objetos geográficos de casi todos los temas de INSPIRE. Por lo tanto, debe quedar claro que un conjunto de datos geográficos podrá verse como un bien fungible o producto y que la entidad que lo define debe delimitar claramente su contenido.

Una especificación del producto de datos se podrá crear y usar en diferentes ocasiones, por diversas partes y por razones diferentes. Por ejemplo, se podrá utilizar para el proceso de captura de datos, así como para elaborar productos derivados de datos ya existentes. También los productores también la pueden crear para especificar su producto o los usuarios para determinar sus requisitos. No es necesario que una especificación del producto de datos describa el proceso de producción, únicamente el producto de datos resultante. Sin embargo, también puede incluir aspectos de producción y mantenimiento si se considera necesario para describir el producto de datos.

Según la norma ISO 19131, un documento de especificaciones debe contener unas secciones obligatorias y otras opcionales. Incluso dentro de cada sección, también detalla los elementos imprescindibles. Si un organismo desea crear un conjunto de normas para todos sus ámbitos de actuación, primero debe fijar las secciones y elementos, entre los opcionales, que va a considerar en la redacción de todos sus documentos, de manera que sean homogéneos. De esta forma se crea una plantilla o modelo para todas las especificaciones de su proyecto. Los elementos fijados como obligatorios son:

- Generalidades.
- Alcance de la especificación.
- Identificación del producto de datos.
- Contenido y estructura de los datos.
- Sistemas de referencia utilizados y permitidos.
- Calidad de datos.
- Metadatos.

Y para completar el documento, se pueden añadir otras secciones que detallan otros contenidos aunque éstos no son imprescindibles:

- Procesos de captura de datos.
- Mantenimiento de datos.
- Representación gráfica.
- Información adicional.

Aunque, tal y como se indica anteriormente, la norma no los considera obligatorios, es interesante que se incluyan en las especificaciones de datos de un SIG corporativo. Si hay un aspecto que diferencia a este tipo de sistemas de una IDE son los procesos de captura y mantenimiento de la información, y estos elementos son los que describen estos procedimientos. Por tanto, aunque la norma los considere opcionales, cuando se trata de un trabajo con datos geográficos corporativos deben ser obligatorios.

## 5.2 Intercambio de información entre sistemas

El funcionamiento de un sistema corporativo asume que la información debe compartirse entre los diferentes sistemas departamentales o unidades de negocio, en este caso hablamos de sistemas de información geográfica. Este intercambio entre sistemas de información debe seguir una serie de pasos determinados y, además, necesita una serie de requerimientos. El apartado 6 de la norma ISO 19118 (ISO/TC 211, 2011a) nos proporciona una descripción de los conceptos fundamentales para el intercambio de datos geográficos.

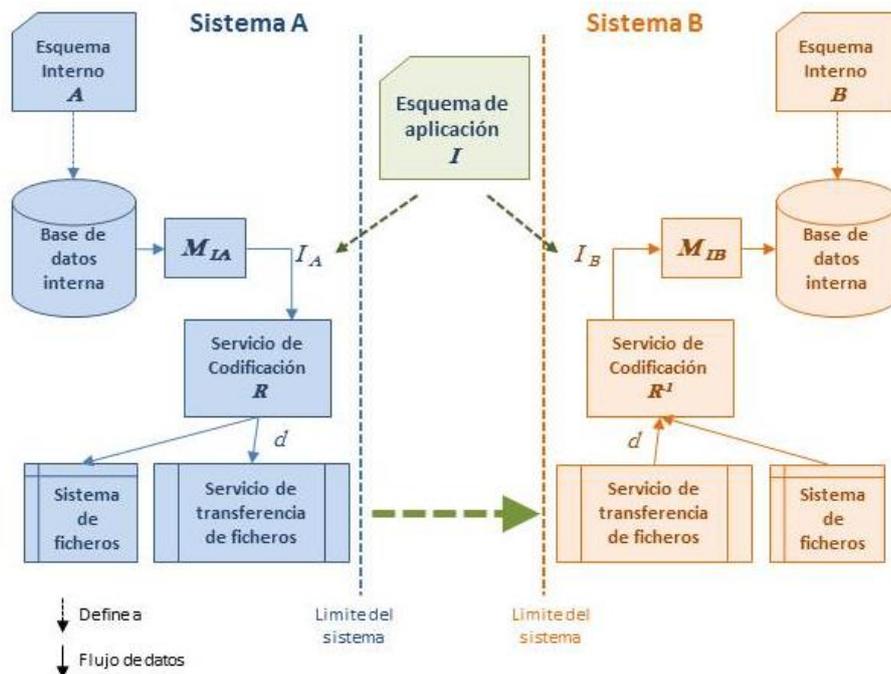


Figura 5-2 Esquema que muestra el intercambio de información entre dos sistemas según la norma ISO 19118 e interpretada por el documento Guidelines for the encoding of spatial data (INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 2014).

El esquema de la figura 5-2 muestra este proceso según se resume en el documento *Guidelines for the encoding of spatial data* (INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 2014), a partir del supuesto de dos sistemas (A y B) que guardan la información en una base de datos propia e interna a cada uno de ellos y con sus propios esquemas. Los pasos a tener en cuenta para transferir datos de un sistema a otro son los siguientes:

1. El primer paso para el **sistema A** es traducir sus datos internos a una estructura de datos acorde con el **esquema de aplicación común I**. Esto se hace mediante la definición de una transformación a partir de los conceptos del esquema interno hacia los conceptos del esquema de aplicación, y mediante el uso de algún software apropiado para transformar los datos. En la figura 5-2 se recoge este proceso como  $M_{IA}$ . El resultado es un esquema de aplicación específico, pero sistema-dependiente de la estructura de datos  $I_A$ .
2. El siguiente paso es utilizar un servicio de codificación, que aplica la regla de codificación  $R$  para crear una estructura de datos que es sistema-independiente, y por lo tanto

adecuada para la transferencia. Este conjunto de datos codificado se llama  $d$  y puede almacenarse en un sistema de archivos o ser transferido usando un servicio adecuado para el envío de datos.

3. Después, el **sistema A** invoca a un servicio de transferencia para enviar el conjunto de datos codificado  $d$  hacia el **sistema B**. El servicio de transferencia sigue un protocolo para hacer el empaquetado y el transporte real sobre un medio online u offline.
4. El servicio de transferencia sobre el **sistema B** recibe los datos transferidos, y según el protocolo seguido, el conjunto de datos es desempaquetado y almacenado como un conjunto de datos codificados  $d$ , por ejemplo, en un archivo intermedio.
5. A fin de obtener una estructura de datos específicos según el esquema de aplicación  $IB$ , el **sistema B** aplica la regla de codificación inversa  $R^{-1}$  para descifrar los datos codificados.
6. Para usar el conjunto de datos, el **sistema B** traduce el esquema de aplicación datos específicos desde la estructura del  $IB$  a su base de datos interna. Esto se hace mediante la definición de una transformación desde los conceptos del esquema de aplicación a los conceptos del esquema interno y mediante la aplicación de software apropiado para transformar los datos. En la figura 5-2 se denota esta asignación  $M_{IB}$ . Se hace el trabajo inverso.

Para que este intercambio sea satisfactorio, ambos sistemas deben acordar los siguientes aspectos:

1. Un esquema de aplicación  $I$  que define la semántica de los contenidos y las estructuras lógicas de los datos espaciales. Los esquemas de aplicación se deben ajustar a los requisitos establecidos en un modelo conceptual genérico y se especifican en unas especificaciones de datos determinadas.
2. Una regla de codificación  $R$  que determina las reglas de conversión para saber cómo codificar los datos espaciales según un esquema de aplicación y transformarlos en una estructura de datos independiente del sistema.
3. Un protocolo de transferencia para la transmisión de datos entre los dos sistemas.

En esta descripción del intercambio de datos entre dos sistemas han aparecido los conceptos descritos en el apartado anterior y que son imprescindibles para que la interoperabilidad sea satisfactoria: esquemas de aplicación, modelos conceptuales, especificaciones de datos, reglas de codificación o reglas de conversión.

### 5.3 Características de los datos geográficos en un SIG corporativo

En este entorno, es imprescindible que los datos compartidos entre los diferentes sistemas que lo componen tengan una serie de características que permitan que el coste de utilización de los mismos sea mínimo, puesto que como ya se ha comentado en capítulos anteriores, la producción de datos, su edición y actualización conlleva una gran cantidad de recursos en cualquier proyecto SIG.

Ya se ha explicado la necesidad de describir la información para que sea comprensible por otros usuarios ajenos a la producción de ésta, pero esto sólo no es suficiente. La información geográfica, debido a sus características, requiere que su tratamiento tenga otras consideraciones. Sobre un mismo conjunto de datos espaciales, los distintos departamentos que utilizarán un SIG corporativo pueden contemplar diferentes necesidades en la descripción de los mismos, necesidades que se derivan tanto de la escala y el contexto en el que se van a analizar los datos como de los atributos temporales de los mismos (Tóth et al., 2012):

- **Tratamiento multi-escala de los datos.** Dentro de un tema, los objetos del mundo real se pueden describir con niveles de detalle variables en función de la escala de trabajo. La geometría de los objetos geográficos se hace más compleja cuanto mayor es la escala de captura. A escala 1:25.000 un grupo de *edificaciones* se suele dibujar con una geometría tipo polígono, pero sin detalles. Sin embargo, a escala 1:1.000, este mismo objeto es capturado con múltiples geometrías poligonales para definir cada uno de los edificios que componen el grupo, y además lleva geometrías tipo línea que definen las formas de los *tejados* y las *terrazas* del cada edificio y elementos puntuales que señalan *chimeneas o puertas de la edificación*. En la especificación de datos, sólo aparece que el edificio puede tener diferentes geometrías, pero dependiendo quien utilice este objeto geográfico, va a necesitar más o menos complejidad.
- **Múltiples visiones, diversas temáticas sobre los mismos datos.** Dependiendo del contexto y el punto de vista, el mismo fenómeno puede ser representado de varias formas. Por ejemplo, un departamento de carreteras representa el objeto *puente* sobre un río con su plataforma, sus muros y los elementos que lo sustentan. Pero para el organismo gestor de la cuenca hidrográfica, de este objeto les interesa su altura y anchura, para poder estudiar el paso del agua en caso de crecida.
- **Representaciones temporales.** Nuestro mundo cambia con el paso del tiempo, lo que debería reflejarse en descripciones de datos empíricas. La representación multi-temporal es un principio de multiplicidad que enlaza a un objeto espacial que es válido en un momento específico con su predecesor y su sucesor. Esto implica que, en la definición de las especificaciones de datos, es muy importante que se precisen atributos que indiquen la creación y desaparición del objeto geográfico en cuestión.
- **Geometría de objetos compartida.** Un dato geográfico se puede utilizar en muchas temáticas y por lo tanto la misma representación geográfica se puede utilizar para asociarle diferentes atributos según las competencias de cada departamento. Por ejemplo, los datos demográficos usan las unidades administrativas para ser mostradas en forma de mapas temáticos. Estas mismas unidades administrativas, sirven para delimitar fronteras y definir codificaciones (los códigos de parcela cambian según los municipios).

Estas peculiaridades de la información geográfica complican su utilización en sistemas que se alimentan de fuentes de diferentes orígenes. Por tanto, las especificaciones de producto deben ser más completas que para otro tipo de información no geográfica y, además, tienen que situarse dentro un marco superior que ayude a definir otros elementos necesarios para la interoperabilidad (codificaciones, listas de elementos controladas, registros, etc.)

## 5.4 Incompatibilidad e inconsistencia de los datos espaciales

Los usuarios que afrontan trabajos de integración de datos de múltiples fuentes se suelen encontrar con problemas de incompatibilidad e inconsistencia de los datos espaciales. Estas complicaciones son provocadas principalmente por las diferentes políticas seguidas en la producción de datos siempre orientadas a solventar los problemas propios. Muy pocas veces se toma en consideración la gran cantidad de usuarios que podrían llegar a usar esos datos. También afectan a esta problemática las diferencias económicas, técnicas e incluso culturales a la hora de afrontar la elaboración de un proyecto cartográfico.

Los principales puntos de incompatibilidad e inconsistencia en los datos espaciales (Tóth et al., 2012) se pueden identificar como:

- **Sintácticos:** diferencias en los formatos de almacenamiento o lenguajes de codificación. Provoca que la comunicación entre sistemas sea muy limitada.
- **Semánticos:** diferencias en la definición y contenido de los elementos que componen los objetos geográficos, utilización de diferentes grados de desagregación (resolución semántica) y en la riqueza de las descripciones (número de propiedades o atributos).
- **Representación espacial:** aparecen ocasionados por la diferente interpretación que se hace de los objetos espaciales. Puede aparecer por el uso de vectores o de coberturas ráster para dibujar el mismo fenómeno, o al utilizar datos en tres dimensiones respecto a otros en dos. También surgen cuando un mismo elemento es representado con diferente tipo de geometría (polígono vs línea). En esta tipología también aparecen los problemas por case de hojas cartográficas o fronteras, en donde suele haber desplazamiento de los elementos capturados por diferentes organismos.
- **Representación temporal:** estos problemas emergen cuando se desea comparar CDEs elaborados en diferentes fechas y éstos poseen objetos geográficos que pueden variar en el tiempo (coberturas del suelo, representación temática de datos estadísticos, etc.).

Debido al nivel de desarrollo actual de la tecnología, las diferencias sintácticas son las menos importantes, ya que las aplicaciones de software que se utilizan soportan multitud de formatos. Aunque esto no quita para que en las transformaciones de datos se pueda perder alguna característica o propiedad de la información asociada al objeto espacial.

En las capas de alto contenido temático, por ejemplo, un mapa de coberturas del suelo, son muy frecuentes los problemas semánticos. Al comparar una clase de *suelo arbolado*, por ejemplo, en dos CDEs diferentes, en uno de ellos podría estar definido de forma que admitiera cualquier tipo de árbol y en otro solo aquellos que formar una agrupación compacta con una determinada densidad. Además, en el primer caso no se distinguirían las especies de las plantas mientras que en el segundo sí. Es más, este segundo caso podría hasta mostrar atributos sobre las características del arbolado (altura media, fracción cabida-cubierta, especie principal y secundaria, etc.). Los dos conjuntos de datos contemplan un objeto geográfico que puede llamarse *arbolado*, pero en realidad no son comparables, pues el primero solo indica que hay algún árbol, y el segundo ofrece una descripción detallada

Las inconsistencias en la representación espacial aparecen sobre todo en los datos de referencia, pues son los que ayudan a determinar la posición de otros datos temáticos. En este aspecto influye de forma considerable el factor de la escala de trabajo o de representación. Tradicionalmente se ha economizado en los procesos de captura de datos eliminando elementos que no son representables a determinadas escalas, o simplificando alguno de sus aspectos. Eso provoca que un elemento como un río, pueda ser representado por una sola línea (eje aproximado) o por sus márgenes (geometría poligonal). La geometría cambia considerablemente.

La representación temporal es un asunto mucho más complejo, y sólo se le presta atención en algunos temas, en los que se ha conseguido realizar un mantenimiento continuo de los objetos cartográficos o producir diferentes coberturas de forma regular. Es el caso de las parcelas catastrales, que evolucionaron desde la cartografía tradicional a las bases de datos, tienen asignados unos atributos que reflejan las fechas de alta y baja de las geometrías que las representan. Se trata de un CDE que se actualiza continuamente para evitar los problemas de representación temporal. Otro ámbito en el que se presta especial atención al aspecto temporal es en de las coberturas del suelo, que representan una foto fija del territorio en una fecha determinada. A este respecto, los análisis entre diferentes fechas son bastante frecuentes. Sin embargo, en otros temas, como por ejemplo las infraestructuras de comunicación, el aspecto temporal se descuida sobremanera, lo que causa innumerables problemas al trabajar con CDEs de diferentes productores.

## 5.5 Interoperabilidad en los datos

Aunque de manera general ya se trató el tema de la interoperabilidad entre sistemas de información geográfica en el capítulo 2, en este apartado vamos a analizar todo lo relativo a la interoperabilidad y la armonización en relación con la información propiamente dicha.

Hasta hace poco tiempo, sólo se encontraban SIGs que utilizaban formatos propietarios respetando distintos modelos. En general todas estas aplicaciones presentaban limitaciones a la hora de compartir datos y servicios. Para dar respuesta a estos problemas, surgen las primeras iniciativas de normalización importantes que trataban de solucionar tanto los formatos de intercambio como los lenguajes de modelado. Además, también era necesario trabajar para solventar las ambigüedades que presenta el vocabulario. Y finalmente, estas aplicaciones solo ofrecían soluciones específicas, definidas para necesidades muy concretas y particulares, y que no cumplían con el objetivo de compartir y reutilizar la información para un tercer usuario o para el público en general.

### 5.5.1 Transformación y armonización de datos

Esta demanda de interoperabilidad en un sistema de información se puede resolver de la siguiente manera:

- Transformando los datos espaciales (ingeniería de datos). Ante la demanda de datos, el sistema transforma los datos al modelo requerido y los envía.

- Armonizando los datos que contiene el sistema. En el proceso de carga inicial o adaptación posterior, los datos se almacenan en el sistema siguiendo unos acuerdos técnicos preestablecidos entre los intercambiadores de información.

En el primer caso, la transformación de datos es un proceso que se puede automatizar de forma que, ante la demanda de información, el sistema transforma on-line los datos, que se ofrecen al peticionario a través de servicios o paquetes de datos. Tiene la ventaja de que el sistema original funciona con su modelo de datos y no tiene que adaptarse. La desventaja es que cada petición necesita un procesado y esto implica utilizar recursos.

En el caso de armonización, el sistema dispone de los datos conforme a unos modelos acordados y el intercambio de información es fluido y rápido, sin costes de procesado. El inconveniente es que el modelo adoptado por los acuerdos puede carecer de las características necesarias para el trabajo propio. Esto implica que el sistema puede estar condicionado y no resultar eficaz para el trabajo que se creó. Por tanto, se puede entender que la armonización de datos es el proceso de modificación o ajuste fino de la semántica y la estructura datos para facilitar el cumplimiento de los acuerdos (especificaciones, normas o actos jurídicos) a través de las fronteras o comunidades de usuarios (Tóth et al., 2012).

Las complicaciones de interoperabilidad la encontramos a diferentes niveles y pueden encontrarse en cuatro tipologías principalmente (Nebert, 2004):

- Cruce de fronteras: borde de unión entre diferentes conjuntos de datos producidos por entidades que comparten una frontera común.
- Cruce de temáticas: conjuntos de datos para aplicaciones basados en diferentes temáticas.
- Cruce de tipos: ejemplo, ráster versus datos vectoriales.
- Solapamiento: las mismas características provenientes de diferentes fuentes y procesos.

Estos problemas se pueden asociar a lo ya visto en el apartado anterior: la primera tipología sería un problema de referencia espacial; la segunda una complicación semántica; la tercera una dificultad sintáctica y la última una mezcla las anteriores tipologías.

Ambos conceptos, interoperabilidad y armonización, son necesarios para liderar los procesos de estandarización en la utilización de la información geográfica y han cambiado la forma de concebir los sistemas de información geográfica que ya no se pueden considerar unas cajas cerradas con entradas y salidas de datos muy costosas. Gracias a estos trabajos de estandarización, un SIG es un componente más en un entramado (llámese infraestructura o red) que se conecta con otros, que difunde su información y recibe datos desde múltiples fuentes.

En un SIG corporativo se realizan muchos trabajos de transformación y armonización de datos. A diferencia de una IDE, un sistema corporativo realiza la captura y edición de información en una gran parte de sus procesos. Para mantener la interoperabilidad entre sus sistemas y aplicaciones departamentales, necesita establecer un modelo de referencia que describa de una manera precisa los elementos necesarios para el intercambio de información.

### 5.5.2 Elementos de interoperabilidad definidos en INSPIRE

Aunque está diseñado para una IDE, el modelo definido por INSPIRE, como una aplicación práctica del modelo de referencia de ISO 19100, dispone de unas características adecuadas para los procesos de transformación y armonización de datos en un SIG corporativo. Esta iniciativa de infraestructura de datos espaciales europea utiliza esta referencia para asegurar la interoperabilidad de la información geográfica en el continente y como paso previo a la definición de sus reglas de implementación, definió su Modelo Genérico Conceptual (INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 2013), que luego se ha ido actualizando y adaptando a los reglamentos y recomendaciones generadas. Gracias a este documento, la gran cantidad de guía técnicas y directrices aprobadas bajo el paraguas de la Directiva INSPIRE tienen una referencia común y una orientación clara y definida para su redacción.

El Modelo Genérico Conceptual de INSPIRE hace tangible los conceptos de interoperabilidad y armonización mediante el uso de un conjunto de elementos de interoperabilidad. Estos elementos surgen a partir de los requerimientos y los objetivos de la iniciativa INSPIRE, y están emparejados con sus respectivos términos técnicos de tecnología y modelado de información. Se dividen en tres grupos (Tóth et al., 2012), y el primero de ellos contiene los elementos fundamentales definidos en los orígenes de los trabajos de implantación de la infraestructura europea. Son los siguientes:

- Principios: definidos en el punto 6 del preámbulo de la Directiva INSPIRE (Parlamento Europeo, 2007).
- Modelo de referencia: definirá el marco técnico de trabajo, incluyendo temas como el modelado de información (modelos conceptuales con reglas para los esquemas de aplicación) y administración de datos (por ejemplo, sistemas de referencia). Proporcionará una estructura que permita que los componentes de INSPIRE, relacionados con las especificaciones de datos, se describan de manera coherente.
- Terminología: se elaborará un glosario de términos basado en las terminologías utilizadas en todos los países.
- Texto multilingüe y adaptabilidad cultural: en elementos como catálogo de objetos, glosarios, registros, esquemas de aplicación, listas de códigos, etc.
- Modelo de referencia de coordenadas y unidades de medida: este componente describe los métodos de referencia espacial y temporal, así como unidades de medida, e incluye los parámetros de transformación y conversión.
- Registros: se requiere este tipo de instrumento al menos para:
  - Los sistemas de referencia y unidades de medida utilizados en los conjuntos de datos.
  - Tesoros y listas de códigos usados en los esquemas de aplicación (multilingüe).
  - Diccionarios de conceptos de elementos utilizados en los esquemas de aplicación (multilingüe).
  - Identificadores.
  - Catálogos de objetos geográficos.
  - Esquemas de aplicación.

El segundo grupo de elementos es el que está más relacionado con este capítulo, ya versa sobre el proceso de especificaciones de datos. Consta de los siguientes elementos:

- Modelado de referencias a objetos: describe cómo referenciar la información hacia un objeto existente (generalmente elementos de un mapa topográfico) en lugar de directamente a través de coordenadas. Su objetivo es promover el intercambio fácil y fiable de datos asociados a objetos espaciales (por ejemplo, datos sobre la calidad del agua en un río) entre diferentes usuarios que utilizan una base de referencia común (todos tendrían la misma capa de hidrografía, cada uno con diferentes datos asociados), evitando así incongruencias espaciales y transferencias de datos masiva.
- Aspectos espaciales y temporales: define las características espaciales y temporales de los objetos: geometría espacial, topología, geometría temporal y funciones de cobertura.
- Reglas para esquemas de aplicación y catálogo de objetos: proporciona una descripción de los datos en lenguaje legible para un ordenador a partir de los modelos conceptuales.
- Esquemas de aplicación compartidos: una vez son definidos los esquemas de aplicación, se almacenan para que sean utilizados por todos y evitar así las diferentes interpretaciones.
- Representación múltiple: describirá las buenas prácticas sobre cómo agregar los datos, teniendo en cuenta el tiempo y el espacio, y también las diferentes resoluciones (generalización de datos).

Finalmente, en el tercer grupo se sitúan los elementos que mantienen la interoperabilidad desde el punto de vista del manejo de los datos:

- Gestión de identificadores: los objetos espaciales de las capas de referencia (anexos I y II de la directiva) deberán tener un identificador de objeto externo. Este componente definirá el papel y la naturaleza de los identificadores de objeto único (u otros mecanismos) para apoyar la identificación inequívoca del objeto geográfico.
- Consistencia entre datos: describirá las pautas para mantener la coherencia entre la representación de la misma entidad en diferentes conjuntos de datos espaciales, tal y como se publicaron en INSPIRE (por ejemplo, la representación de objetos geográficos a lo largo o a través de las fronteras, entre temas o en diferentes resoluciones).
- Calidad de la información: aconsejará sobre la necesidad de publicar los niveles de calidad de cada conjunto de datos espaciales usando los criterios definidos en las normas de la familia ISO 19000, incluyendo compleción, consistencia, actualización y precisión.
- Metadatos: este componente abarcará los metadatos a tres niveles: descubrimiento o localización de datos, evaluación de la información y utilización de los datos.
- Conformidad: describirá cómo se prueba la conformidad en una especificación de datos. La idea es que este proceso de comprobar la conformidad esté automatizado. Este aspecto se aborda en las especificaciones de datos INSPIRE.
- Reglas de captura de datos: definirá los criterios específicos de las especificaciones de datos en cuanto a cómo se deben capturar los datos y qué puntos (localizaciones) capturados representan un objeto espacial determinado (Ej. se deben capturar todos los

lagos mayores de 2 Ha, o todas las carreteras que pertenezcan a la red TransEuropea). Esta cuestión no figura generalmente en las especificaciones de datos de INSPIRE.

- Transformación de datos: define la transformación de los datos desde los esquemas nacionales/locales al esquema definido en INSPIRE.
- Reglas para el mantenimiento de datos: definirá las buenas prácticas para asegurar que los datos espaciales son gestionados correctamente ante los cambios en la información de referencia sin interrupción de los servicios.
- Modelo de representación: este componente definirá un modelo de reglas de representación y simbolización para las especificaciones de datos.
- Transferencia de datos: describirá los métodos en los que se van a codificar los datos de referencia y de aplicación, así como los productos de información.

Como se puede observar en el listado anterior, son muchos los elementos necesarios para que se produzca la interoperabilidad. Quizá INSPIRE intenta asegurar al máximo esta cualidad en su infraestructura espacial, lo que explicaría el lento proceso de implantación de la misma. En un SIG corporativo, al ser un entorno más cerrado, muchos de estos elementos se pueden obviar.

## 5.6 Evolución de la definición de especificaciones para el uso compartido de datos

En las últimas dos décadas, han surgido iniciativas en varios países con el objetivo de desarrollar trabajos de definición de especificaciones de datos destinados a compartir conjuntos de información geográfica. Este empuje siempre lo han promovido grandes organismos productores de datos (agencias cartográficas, organismos responsables del catastro o relacionados con el medio ambiente) que, en mayor o menor medida, han definido unos modelos para que los sigan organizaciones más pequeñas (administraciones regionales o locales) o empresas (generalmente de servicios o energía) que desean desarrollar sus propios sistemas de información geográfica usando los grandes conjuntos de información de esos proveedores.

Esta labor de consenso de modelos o especificaciones de datos, que conlleva grandes esfuerzos, hay que asociarla al desarrollo de grandes SIGs, infraestructuras de datos espaciales o proyectos de intercambio de información entre organismos de las administraciones públicas. Además, esta labor está relacionada siempre con el intercambio, armonización o colaboración en la producción o gestión de la información geográfica.

En la década de los 90, cuando empezaban a florecer los primeros SIGs y no se tenían muchos datos en formato digital, se empezaron a definir algunos formatos de intercambio. (Zabala, Masó, & Pons, 2003). Una de las zonas pioneras en la puesta en marcha de una infraestructura de información geográfica fue Oceanía. Primero comenzó Australia con la coordinación entre los diferentes niveles de su administración, y en 1991 se unió Nueva Zelanda creando el ANZLIC (Consejo de Información Territorial de Australia y Nueva Zelanda) (ANZLIC, 2014). En este órgano están representados los diferentes centros directivos de las administraciones públicas de Oceanía responsables de la información territorial. En los años 90 definieron las especificaciones de datos de las capas fundamentales para ponerlas a disposición de todos los

usuarios e hicieron hincapié, sobre todo, en los metadatos que permitían catalogar dicha información

En 1995 el Consejo Canadiense de Geomática (Masser, 1999), que representa a las agencias cartográficas provinciales de todo el país, diseñó el proyecto *Geoplan* (Canadian Council on Geomatics, 2010) con el fin de proponer un modelo integrado de datos espaciales para Canadá, complementado por un conjunto de recomendaciones para su aplicación. Este trabajo abogaba por un desarrollo cooperativo basado en el reconocimiento de las fortalezas y restricciones que condicionan la operatividad de las agencias cartográficas del sector público canadiense. Se pidió, además, que se incluyera en este proyecto al sector privado. Con este primer proyecto, se definieron una serie de conjuntos de datos espaciales con sus respectivas especificaciones de producto y normas de utilización. El resultado sentó las bases para la futura construcción de la infraestructura de datos espaciales de Canadá (GeoConnections, 2005).

Uno de los trabajos más completos, en relación a la definición de especificaciones de datos, se realizó en Alemania en 1997 y se denominó *AAA-BasisSchema* (Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen, 2008) cuyo propósito era la armonización de las tres grandes bases de datos de información geográfica del país: *Official Fixed Point Information System* (AFIS®), la base de datos de parcelas catastrales (ALKIS®) y la base topográfica nacional (ATKIS®). Este proyecto modeliza conjuntamente los datos referentes a la geodesia, la topografía y la propiedad en un país que, como es el caso de Alemania, tiene distribuida la producción de la información geográfica en sus estados federales. El proyecto está definido como una referencia neutra, en la que otros sistemas de información pueden utilizar las clases definidas en el esquema básico de AAA para sus propios modelos. Además, para fomentar la divulgación del modelo AAA, se han desarrollado unas condiciones de uso que permiten su uso en todos los campos posibles.

Tanto los trabajos de Canadá como los de ANZLIC se centraban más en la puesta a disposición de información a los usuarios que en la propia definición de unas especificaciones de producto o modelos de datos para que los diferentes productores recolectaran datos de forma coordinada. Como se comentaba anteriormente, los primeros trabajos de este tipo, al haber poca información creada y adaptada para su tratamiento con programas informáticos, tenían como objetivo disponer de información. Los dos proyectos que acabamos de ver se orientaron hacia esa finalidad. Sin embargo, las iniciativas lanzadas a partir del año 2000 se centraron principalmente en definir especificaciones de producto para compartir información entre administraciones públicas y grandes corporaciones privadas. El incremento de información disponible en formato digital en determinadas regiones tuvo mucho que ver con este hecho.

En EEUU se lanzó la iniciativa *Geospatial Blue Book* liderada por ESRI con el objetivo de crear el *GIS for the Nation Data Model* (Maguire, 2005). Esta propuesta pretendía definir unos mínimos requerimientos para los modelos de datos en catorce temas de datos fundamentales usados en cualquier tipo de SIG. Este proyecto (ESRI Inc., 2005) es una muestra de cómo las diferentes administraciones (ciudad, condado, regiones, estados y los gobiernos nacionales) pueden trabajar juntas para recopilar y compartir información geográfica estratégica y a alta resolución para toda una nación. Además, señalar que su propósito era dar un enfoque más coherente a la gestión de la información geográfica y permitir la integración de los nodos de servidores

departamentales en un "sistema de sistemas". El apoyo de la administración no está muy claro en esta propuesta y por lo tanto, su aplicación de forma oficial a determinados conjuntos de datos queda muy difusa al no contar con un apoyo normativo.

El mayor trabajo en este campo se está realizando bajo el paraguas de la directiva INSPIRE (Parlamento Europeo, 2007). Este marco legal plantea el funcionamiento de la infraestructura de datos propuesta para los estados europeos en base a una detallada definición de especificaciones de datos. Desde 2004 cientos de expertos de cada país miembro se han puesto a trabajar en ello, pudiéndose estudiar en multitud de documentos ya publicados los resultados de esta labor. El propio documento legislativo europeo cuenta con un apartado específico para el tema de la interoperabilidad de los conjuntos de datos geográficos y ésta se fundamenta en la definición de unas normas de ejecución que deben tener en cuenta los requisitos de los usuarios, las iniciativas existentes y las normas internacionales para la armonización de los conjuntos de datos espaciales, así como la viabilidad y la rentabilidad. Entre los artículos 7 y 10 de la directiva, se detalla cómo deben elaborarse y aplicarse las especificaciones de datos para la información presente en las IDEs europeas.

En la Directiva se determina que la Comisión Europea llevará a cabo análisis para garantizar la viabilidad y proporcionalidad de las normas en términos de costes y beneficios previstos. También deja claro el plazo para la puesta a disposición de los datos conforme a estas normas de ejecución, que oscilará entre 2 y 7 años a partir de la definición de las especificaciones de datos adoptadas en las normas de ejecución citadas. En ellas se contempla la definición y clasificación de los objetos espaciales pertinentes a efectos de los conjuntos de datos espaciales relativos a los temas enumerados en los anexos I, II y III de la Directiva, así como la manera en que se debe llevar a cabo la georreferenciación de dichos datos espaciales.

INSPIRE invita a participar en los debates preparatorios sobre el contenido de las normas de ejecución a los representantes de los Estados miembros a nivel nacional, regional y local y a otras personas físicas o jurídicas que, por su función dentro de la infraestructura de información espacial tengan un interés en los datos espaciales de que se trate, incluidos los usuarios, productores, proveedores de servicios de valor añadido u organismos coordinadores. Según su artículo 8.2, estas normas de ejecución atenderán a los siguientes aspectos de los datos espaciales:

- a) un marco común de identificación única de los objetos espaciales que sirvan de referencia para situar los identificadores en los sistemas nacionales a efectos de garantizar la interoperabilidad entre ellos;
- b) la relación entre objetos espaciales;
- c) los principales atributos y el correspondiente tesoro multilingüe que, en general, son necesarios para políticas que puedan tener repercusión en el medio ambiente;
- d) la información sobre la dimensión temporal de los datos;
- e) las actualizaciones de los datos.

A diferencia de otros proyectos de especificaciones de datos, las normas de ejecución de INSPIRE están planificadas para que los países de la Unión Europea pongan a disposición de las administraciones y de otros usuarios toda la "información, incluidos los códigos y las clasificaciones técnicas necesarios para el cumplimiento de las especificaciones de datos, en

condiciones que no restrinjan su utilización a tal efecto. Y, además, con el fin de garantizar la coherencia de los datos espaciales relativos a un elemento geográfico situado a ambos lados de una frontera entre dos o más Estados miembros, éstos decidirán de común acuerdo, si procede, la descripción y posición de dichos elementos comunes”.

Esta forma de trabajar determinada por INSPIRE ha hecho cambiar la forma de concebir la producción de información geográfica en Europa y en estos momentos comenzamos a ver los primeros frutos en forma de datos armonizados en los distintos países que conforman la Unión Europea. Está previsto que en el año 2017 toda la información de referencia esté adaptada a estas normas de ejecución y en 2020 el resto de los datos contemplados en los tres anexos de la Directiva.

## 5.7 Metodología para crear especificaciones de datos armonizadas

Una vez estudiados los diferentes trabajos de elaboración de especificaciones de datos a nivel global, y tras considerar que el mejor y más avanzado es el que se está desarrollando en Europa, resumimos en este apartado los pasos que hay que seguir para definir unas especificaciones de producto de datos basadas en esta experiencia (INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 2008) que proporcionen un conjunto de requisitos y recomendaciones óptimas para conseguir la interoperabilidad en un SIG corporativo.

El proceso de elaboración de especificaciones de producto de datos se debe apoyar en una serie de documentos técnicos que se deben crear previamente. Estos documentos tienen que considerar los siguientes aspectos:

- Un **modelo genérico conceptual**, que defina los elementos necesarios para la interoperabilidad y la armonización de datos incluyendo los aspectos que pueden aparecer en varios temas. En este documento se deben especificar los requisitos y recomendaciones con respecto a los elementos de la especificación de datos de uso común (esquema espacial y temporal, gestión de identificadores único, objetos de referencia, algunas listas de códigos comunes, etc.).
- Una **definición de los temas que agrupan la información y su alcance**. Esto proporciona un punto de partida para los aspectos temáticos del desarrollo de cada especificación de datos.
- Una **metodología para el desarrollo de especificaciones de datos**. Describe cómo llegar de los requerimientos del usuario a una especificación de datos a través de una serie de medidas, incluyendo el desarrollo de casos de uso, desarrollo de la especificación inicial y análisis de analogías y vacíos para el refinamiento de cada especificación adicional.
- Unas **directrices para la codificación de datos espaciales** que permitan codificar la información geográfica para facilitar su intercambio y activar los procesos de transferencia entre los diferentes sistemas departamentales que componen el sistema corporativo.

- Unos **modelos de datos comunes** que formen un conjunto de documentos que especifiquen determinados aspectos comunes a una serie de especificaciones de datos diferentes. Por ejemplo, un modelo de datos genérico para redes (válido para transporte, hidrografía o energía), otro para coberturas o para otros datos complejos que compartan alguna especificidad entre temas.

Habría que implementar este esquema de documentos cuando se trate de un gran proyecto, donde hubiera muchos usuarios y diferentes SIG departamentales implicados. En el caso de un sistema con un tamaño más reducido, se puede simplificar el proceso y el número de documentos. En el mismo texto de las especificaciones de datos, se incluirá una versión reducida de alguno de estos elementos (codificaciones, elementos comunes, etc.).

Una vez creadas las especificaciones de producto es interesante disponer de un repositorio o espacio de trabajo donde se recoja toda esta información y que esté disponible para todos los usuarios. Hay que almacenar los modelos consolidados, los esquemas de aplicación, los diccionarios de datos, los glosarios de terminología y las listas de valores determinadas en cada especificación.

## 5.8 Definición de conjuntos de datos fundamentales.

Dentro de todo SIG corporativo, es interesante disponer de una serie de conjuntos de datos que son necesarios para situar espacialmente cualquier tipo de información que maneje el sistema. Estos conjuntos de datos denominados “de referencia” están compuestos por la “información geográfica necesaria para que cualquier usuario y aplicación pueda referenciar sus datos. Proporcionan una localización precisa para la información, permite cruzar datos de distintas fuentes y sirve para interpretar datos situándolos en un ámbito geográfico” según se definen en el texto de la LISIGE (Gobierno de España, 2010). Se trata de una serie de datos o capas de información que permiten la georreferenciación de otros datos difíciles de situar en un punto del territorio (cartografía topográfica), que hacen posible que la información estadística sea visible en forma de mapas (límites administrativos o unidades censales), que ofrecen una imagen de una zona en un momento dado (ortoimágenes) o que son utilizadas para múltiples propósitos por su naturaleza (geología o cobertura del suelo).

Otro término de significado más amplio que se utiliza para definir la información geográfica que debe tenerse presente en cualquier proyecto relacionado con el territorio, ya sea un SIG o una IDE en el modo más amplio, o un estudio o plan territorial, de una forma más concreta, es el concepto de **temas de datos fundamentales** (*fundamental data themes*). Se define como aquellos datos que proporcionan una manera de organizar y administrar conjuntos de datos geoespaciales primordiales para los propósitos de una infraestructura de datos espaciales o de un SIG de gran tamaño, en particular creando comunidades de interés de usuarios relacionadas temáticamente con conjuntos de datos (Land Information New Zealand, 2014). En este caso, se parte de la premisa de que un tema puede incluir cualquier número de conjuntos de datos específicos, y ciertos conjuntos pueden distribuirse en varios temas. Es decir, se definen cada uno de estos conjuntos de datos basándose en que los objetos que los componen son producidos y

mantenidos por un determinado grupo de usuarios (organismo, departamento o sección de una empresa).

Por ejemplo, si un SIG gestiona parques naturales, va a necesitar una serie de datos cartográficos para georreferenciar los elementos de cada parque y las zonas de protección que gestiona. Como mínimo se va necesitar información sobre el relieve, unas ortofotografías, algo de toponimia y datos sobre elementos visibles en el terreno (carreteras, edificaciones, etc.). Los usuarios de ese sistema no sabrían situar los elementos que gestionan sin alguno de estos datos de referencia. Cuando esto se traslada a un SIG corporativo, que debe dar soluciones a diferentes SIGs departamentales, provoca que la lista capas de información de referencia fundamentales se amplíe y constituyan el núcleo central de la información almacenada en el sistema.

Una parte de estos datos fundamentales son producidos por organismos, casi siempre públicos, y sería absurdo elaborarlos de nuevo para satisfacer a un solo sistema, aunque este sea corporativo. Este aspecto se solventa mediante el uso compartido de esta información entre diferentes organizaciones. En Europa, se puede decir que la legislación impone qué organismos públicos son responsables o competentes en cada tipo de información y los publica según indica la Directiva INSPIRE que, a su vez clasifica los datos entre los que son necesarios o fundamentales y los que no lo son. Esta clasificación también se ha realizado en otros grandes proyectos de información geográfica en diferentes partes del mundo y, como no puede ser de otra forma, la determinación de qué datos son fundamentales en las diferentes construcciones de infraestructuras de datos espaciales o sistemas corporativos es muy similar.

Para Claude Luzet de GSDI (Nebert, 2004), estos datos fundamentales, que él denomina “globales”, son un número variable de niveles de datos que se pueden ser considerar de uso común y de importancia transnacional como datos de “marco de trabajo”. En este libro se recomienda que los temas que deberían incluirse como datos de referencia sean estos que se enumeran a continuación:

1. Control geodésico
2. Información catastral
3. Nombres de objetos geográficos
4. Ortoimágenes
5. Elevación
6. Transporte
7. Hidrografía (redes de trabajo de superficies de agua)
8. Unidades gubernamentales

El consejo de coordinación de la IDE de Australia y Nueva Zelanda define los conjuntos de datos fundamentales (McDougall, 2006) como "grupos de datos que se recogen como fuentes de datos primarios, y de otra información que se deriva de estos mediante la integración o el valor añadido de otros datos". Las temáticas contempladas son las siguientes:

1. Direcciones
2. Límites administrativos
3. Posicionamiento
4. Nombres de objetos geográficos

5. Información catastral
6. Ortoimágenes
7. Transporte
8. Hidrografía
9. Elevación
10. Cubierta terrestre

Estos datos también son descritos en el *ANZLIC Foundation Spatial Data Framework* (ANZLIC, 2014) como “las capas base requeridas por la mayoría de los usuarios y generalmente no se derivan de otras capas espaciales. Estas capas base en su mayoría se producen dentro de los departamentos o agencias gubernamentales”.

Dentro del proyecto *GeoConnections* (GeoConnections, 2005) con el que se construye la IDE en Canadá, y desde el que se coordinan los SIG corporativos de las diferentes provincias, se encuentra definidos los *Fundamental Dataset Themes*. Estos temas agrupan la información fundamental o de referencia en los siguientes conjuntos de datos:

1. Límites administrativos
2. Elevaciones
3. Red geodésica
4. Toponimia
5. Cubierta del suelo
6. Red hidrográfica nacional
7. Red de transportes
8. Imágenes de satélite
9. Datos para alineación (objetos geográficos fácilmente visibles)
10. Parcelas catastrales
11. Líneas eléctricas
12. Edificios de interés
13. Límites censales
14. Parques naturales

En el documento (GeoConnections, 2009) que define estos conjuntos de datos, el *Canadian Geospatial Data Infrastructure* (CGDI) justifica la necesidad de su existencia indicando que son una importante contribución a la interoperabilidad entre SIGs, ya que ésta reduce considerablemente el tiempo que los usuarios necesitan emplear en la conversión de datos, dejando más tiempo para las actividades importantes de analizar y presentar la información.

La definición que hace para Europa la Directiva INSPIRE (Parlamento Europeo, 2007) es algo diferente, pues determina en un primer momento si todos los datos que van a estar bajo su vigilancia sean fundamentales o no; y dentro de éstos, determina los que son prioritarios en cuanto a que tienen que estar disponibles en un plazo más corto de tiempo por su carácter fundamental. En los primeros borradores de la Directiva, se denominaban “datos de referencia”, pero en el texto final, simplemente se clasificaron los temas en tres grupos diferentes y aparecen denominados por el número del anexo en el que figuran en la Directiva.

### **Datos espaciales anexo I**

1. Sistemas de coordenadas de referencia
2. Sistema de cuadrículas geográficas
3. Nombres geográficos
4. Unidades administrativas
5. Direcciones
6. Parcelas catastrales
7. Redes de transporte
8. Hidrografía
9. Lugares protegidos

### **Datos espaciales anexo II**

1. Elevaciones
2. Cubierta terrestre
3. Ortoimágenes
4. Geología

### **Datos espaciales anexo III**

1. Unidades estadísticas
2. Edificios
3. Suelo
4. Uso del suelo
5. Salud y seguridad humanas
6. Servicios de utilidad pública y estatales
7. Instalaciones de observación del medio ambiente
8. Instalaciones de producción e industriales
9. Instalaciones agrícolas y de acuicultura
10. Distribución de la población - demografía
11. Zonas sujetas a ordenación, a restricciones o reglamentaciones y unidades de notificación
12. Zonas de riesgos naturales
13. Condiciones atmosféricas
14. Aspectos geográficos de carácter meteorológico
15. Rasgos geográficos oceanográficos
16. Regiones marinas
17. Regiones biogeográficas
18. Hábitats y biotopos
19. Distribución de las especies
20. Recursos energéticos
21. Recursos minerales

A nivel español, la LISIGE (Gobierno de España, 2010) hace algunas variaciones a esta clasificación y denomina **Información Geográfica de Referencia** a los datos de los temas contemplados en los anexos I y II de INSPIRE, junto con el tema de Entidades de población; a los datos de los temas del anexo III los define como Datos Temáticos Fundamentales. Para el resto de la información crea una nueva tipología que llama con el nombre de Datos Temáticos Generales. Se puede observar que la legislación española mezcla los dos conceptos: datos de

referencia y datos fundamentales. Usa el primero para los datos esenciales a los que se refiere este apartado y utiliza el calificativo de “fundamentales” para reforzar los datos temáticos más importantes o más utilizados y diferenciarlos del resto de la información.

En definitiva, teniendo en cuenta la legislación española y europea, se puede llegar a la conclusión, según los criterios expuestos en este apartado, que, de los tres tipos de datos que determina INSPIRE, se pueden coger los dos primeros anexos como datos de referencia y dejar el tercero como datos temáticos.

Temas	INSPIRE	ANZLIC	Canadá	GSDI
<b>Sist. Coordenadas/Posicionamiento</b>	[Presente]			
Sistema de cuadrículas geográficas	[Presente]	[Ausente]	[Presente]	[Presente]
<b>Nombres geográficos</b>	[Presente]			
<b>Unidades administrativas</b>	[Presente]			
Direcciones	[Presente]	[Ausente]	[Presente]	[Presente]
<b>Parcelas catastrales</b>	[Presente]			
<b>Redes de transporte</b>	[Presente]			
<b>Hidrografía</b>	[Presente]			
Lugares protegidos/Parques naturales	[Presente]	[Ausente]	[Presente]	[Presente]
Infraestructura energética	[Presente]	[Ausente]	[Presente]	[Presente]
<b>Elevaciones</b>	[Presente]			
Cubierta terrestre	[Presente]	[Ausente]	[Presente]	[Presente]
Ortoimágenes	[Presente]	[Ausente]	[Presente]	[Presente]
Geología	[Presente]	[Ausente]	[Presente]	[Presente]
Limites censales/estadísticos	[Presente]	[Ausente]	[Presente]	[Presente]
Edificios	[Presente]	[Ausente]	[Presente]	[Presente]

Tabla 5-1 Comparativa de los temas que componen los conjuntos de datos fundamentales de cada uno de los proyectos estudiados en este apartado (elaboración propia)

Si se comparan las cuatro iniciativas estudiadas en una misma tabla (5-1), identificando el contenido de los distintos temas, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- Hay siete temas que se repiten en las cuatro iniciativas, y que se corresponde con el contenido de los “tradicionales” mapas topográficos, incluyendo en ellos las parcelas catastrales que no siempre estaban presentes.
- Los temas de Ortoimágenes y Cubierta terrestre sólo faltan en uno de los proyectos, pero se puede determinar que, a día de hoy, son datos de referencia.
- Los datos correspondientes a la temática de Direcciones, aunque sólo está presente en dos iniciativas, es una información que, en los últimos años, con la proliferación de navegadores en vehículos, se ha potenciado bastante. Las administraciones y empresas de servicios han comenzado a crear ficheros con direcciones para geolocalizar elementos sin necesidad de usar las coordenadas. En los futuros SIG pasará a ser un dato imprescindible.
- El otro tema repetido es el de Lugares protegidos (o Parques naturales) que suele aparecer en los listados de datos comunes, pero que depende de la temática que gestiona el SIG para que sea considerado como imprescindible.
- Las temáticas restantes (Geología, Edificios, Limites censales o estadísticos, Infraestructura energética o Cuadrículas geográficas) son conjuntos de datos que no siempre son necesarios para que funcione un sistema de información geográfica.

En resumen, los datos de referencia tienen como función principal reducir la duplicidad y mejorar la interoperabilidad de los conjuntos de datos. Cabe esperar que estos datos sean ampliamente utilizados por todos los usuarios y manejados en todo tipo de aplicaciones geoespaciales como base de referencia de los contenidos temáticos y los datos alfanuméricos. Una buena definición de los mismos ayuda a estructurar la captura de información del resto de los temas y por lo tanto, a ahorrar una considerable cantidad de dinero. No todos los datos de referencia deben ser gestionados por el mismo organismo, pero si debe quedar claro en sus especificaciones la forma de proceder con los objetos geográficos compartidos entre varios temas.

## 5.9 El papel de los metadatos

En un capítulo en el que se habla de especificaciones de datos, no podía faltar una mención a los metadatos. Ya se ha estudiado su papel en un SIG corporativo a lo largo de este análisis, pero ahora hay que dejar clara su interacción con las especificaciones de datos, y por consiguiente, su actuación como elemento añadido a éstas para conseguir la mayor interoperabilidad entre sistemas (Manso Callejo, 2009).

Teniendo en cuenta que los metadatos son datos acerca de los datos, en este caso geográficos, que describen sus características y a sus proveedores/distribuidores, la utilización de estos elementos en una organización permite un mejor acceso y recuperación de la información geográfica almacenada en sus sistemas. Sus beneficios en este sentido son significativos y han sido estudiados por distintos autores durante los últimos años (Nebert, 2004; Oliva Santos et al., 2009; Zabala et al., 2003):

- Ayudan a organizar y mantener la inversión en datos de una organización, y proporcionan información sobre conjuntos de datos en un catálogo.
- El desarrollo de los metadatos coordinados evita la duplicidad de esfuerzos al asegurar que la organización esté prevenida de la existencia de determinada información.
- Proporcionan mecanismos para custodiar y auditar los datos gestionados por un sistema.
- Los usuarios pueden localizar todos los datos disponibles y asociados a un área de interés.
- La colección de metadatos aumenta los procedimientos de manejo de la información de una comunidad geoespacial.
- El contenido de los metadatos descriptivos promueve la disponibilidad de datos más allá de los medios tradicionales.
- Reducen el riesgo de que se devalúen los datos cuando se pierde el conocimiento acerca de ellos por causas como la reubicación, reasignación o redundancia del personal responsable de los mismos.

Queda suficientemente probado que es necesario tener en cuenta los metadatos, sobre todo al trabajar con volúmenes de información geográfica considerables. Pero además de disponer de estos elementos para documentar la información, es imprescindible que la elaboración de los metadatos se atenga a una normativa y compromisos que permitan a los usuarios comprender

perfectamente a que datos tienen acceso. Es necesario que los metadatos sean homogéneos, completos y coherentes (Manso Callejo, 2009), y para ello es imprescindible definir procedimientos de catalogación que ayuden al productor a resolver las dudas iniciales y le guíen en la elaboración de los mismos. Es muy importante definir distintos patrones de catalogación en función de la naturaleza de los datos que se desean describir. Las especificaciones de datos deberían contemplar estos patrones.

También es importante determinar si, entre los elementos de metadatos que describen un CDE, se debería obligar a incluir la especificación de producto de datos utilizada para definirlo. Esto es algo que no queda muy claro en las especificaciones de metadatos de INSPIRE (pues asume que todos sus datos siguen sus especificaciones), ni en la norma ISO 19115. Quizá habría que intentar que este punto fuera más notorio en el modelo genérico conceptual elegido por el sistema corporativo.

A modo de resumen, se puede decir que la interacción entre los metadatos y las especificaciones de datos funciona en ambos sentidos: los metadatos deben contener un elemento que detalle la especificación de datos usada para producir la información, y la especificación de datos debe definir qué metadatos asociados a esa información modelada según su definición. Si esta relación aparece recogida de manera adecuada, la interoperabilidad está asegurada a nivel de información. Y éste es el fin último que se pretende con el uso extensivo de las especificaciones de datos de producto.

## 5.10 Análisis coste-beneficio de la elaboración de especificaciones de producto

Como se ha visto a lo largo del capítulo, la elaboración de especificaciones de datos es un trabajo complejo, por lo que merece la pena pararse y hacer una reflexión sobre el coste-beneficio que supone esta labor. El proceso de establecimiento de unas especificaciones de producto de datos no sólo conlleva la redacción de los documentos, si no que también se tienen que incluir los trabajos de pruebas y los tests, además de la reingeniería de los después de pasar los datos a los modelos establecidos. Por lo tanto, los costes de este proceso se reparten en los siguientes conceptos:

- Costes relativos al trabajo de desarrollo de especificaciones
- Reingeniería de bases de datos.
- Procesado, comprobación y validación de las transformaciones.

En el lado opuesto, las ganancias que se obtienen por el hecho de disponer de unas buenas especificaciones de producto en un entorno corporativo de gestión de información geográfica, se pueden agrupar según el beneficiario directo de estas ventajas:

- Para el usuario directo que trabaja con los datos a diario, los beneficios se centran en los siguientes temas:
  - Reducción del coste de integración de datos.
  - Incremento de la disponibilidad de datos.
  - Facilidades en el uso de los datos.

- Para los objetivos y fines de la organización, que decidió disponer de un SIG corporativo para la gestión de la información geográfica, los beneficios se obtiene en los siguientes campos:
  - Mejora en la toma de decisiones.
  - Reducción de barreras entre diferentes organizaciones.
  - Aumento de la efectividad institucional.
  - Uso eficiente de los recursos económicos.
- Para la institución en general, a nivel operacional supone un avance en los siguientes campos :
  - Promoción de la colaboración intra-institucional.
  - Fomento de la colaboración inter-institucional.
  - Reducción de los costes de integración de datos entre instituciones.
  - Desarrollo de la reutilización de la información.
  - Reducción de costes en la gestión de la información.
  - Impulsa las relaciones de trabajo más cercanas.
  - Es compatible con otras infraestructuras de información.

Una vez enumerados los costes y los beneficios, el análisis de éstos induce a pensar que existen más ventajas que inconvenientes en este proceso. Sin embargo, las labores de redacción de especificaciones son complejas y costosas en el tiempo, ya que precisan de un análisis de la información existente y de que se prevé como necesaria de cara al futuro, de un consenso entre los usuarios de esos datos, de un proceso de redacción pesado y de una fase de pruebas final. La lentitud de este desarrollo incita a muchos usuarios a empezar a almacenar y gestionar los datos tal y como están en sus aplicaciones y bases de datos, causando los problemas que ya vimos de interoperabilidad (Tóth et al., 2012).

El volumen de este trabajo es proporcional a la variedad de datos que gestiona el sistema. Puede ocurrir que el SIG corporativo gestione una gran cantidad de información, como le ocurre, por ejemplo, a la Dirección General del Catastro con el registro de todas las parcelas del territorio nacional. Pero en este caso, hay poca variedad en cuanto a los datos almacenados, y eso hace que el trabajo de redacción de especificaciones sea sencillo. Sin embargo, un SIG corporativo que maneje datos medioambientales, como en una agencia regional de medio ambiente, la cantidad de datos diferentes y que necesitan interactuar entre ellos es muy grande. En este caso la labor de redacción de especificaciones de datos es lenta y compleja.

En el primer caso, basta con elaborar un modelo de datos sobre el tipo de datos que se maneja, pero en el caso medioambiental, sería necesario establecer primero un modelo genérico conceptual que defina un marco de trabajo de manera que, en todos los temas definidos, se manejen de las mismas semánticas y definiciones de objetos, representación espacial y sintaxis.

## 5.11 Conclusiones

A lo largo de este capítulo ha analizado el papel de las especificaciones de producto de datos en sistemas de información geográfica dirigidos a gran volumen de usuarios y de información, ya

sean corporativos o proyectos similares a infraestructura de datos espaciales. La definición de especificaciones de datos está a la par del principio de reutilización de la información, que en estos entornos se relaciona con el hecho de compartir datos entre diferentes aplicaciones, pero también con el compartir conocimiento, soluciones, herramientas y componentes técnicos. En definitiva, supone un ahorro de esfuerzos y dinero en la gestión de la información geográfica.

La redacción de estos documentos no sólo conlleva una reducción de costes en la producción y la gestión de la información espacial, sino que se puede considerar que los datos sin contexto no son tan valiosos como los datos documentados, como asegura Nebert (2004). En un SIG corporativo compuesto por diferentes unidades departamentales con múltiples tipos de usuarios en cada una, se necesita una buena documentación de cada dato, de cada aplicación y, de cada componente del sistema. Esta documentación incluye los metadatos y las especificaciones de producto usada para producir y actualizar la información. Cualquier técnico que trabaje en este SIG analizando datos elaborados por otro departamento que no sea el suyo, perderá un tiempo muy valioso intentando comprender la estructura de la información que va a usar, en caso de no disponer unas buenas especificaciones de producto.

Por lo tanto, no cabe discusión posible sobre su importancia, pero debemos valorar con qué profundidad se puede acometer el proceso de elaborarlas y mantenerlas. Además, debemos remarcar que las especificaciones de datos en un entorno corporativo deben ser más completas que para una IDE, pues deben contener la definición de los procesos de captura de datos, los de mantenimiento y facilitar una mínima representación gráfica común. El modelo completo de INPIRE para la redacción de especificaciones es un ejemplo a seguir, incluso para un SIG corporativo.

En cuanto a la definición de datos fundamentales o de referencia se puede resumir indicando que su utilización facilita la destrucción de "nichos de información" que a menudo inhiben el desarrollo de proyectos intersectoriales de información geográfica, imprescindibles para abordar cuestiones políticas complejas (GeoConnections, 2009). En un SIG corporativo, con diferentes sistemas departamentales, los datos de referencia constituyen el núcleo central de la información del sistema. Es inconcebible pensar que los datos de referencia no se pudieran reutilizar.

Para finalizar este capítulo indicamos que la redacción de un documento de especificaciones de datos:

- Evita la heterogeneidad de los datos.
- Facilita el intercambio de información.
- Dota de continuidad de representación en zonas adyacentes.
- Fomenta la reutilización de los datos.
- Ordena la producción y actualización de datos.



# 6 Propuesta de modelo de SIG corporativo

Este capítulo desarrolla la solución a los objetivos planteados en esta tesis proponiendo un modelo de arquitectura adecuado para la implantación de un sistema de información geográfica en el entorno de un gobierno regional. Este sistema debe atender las demandas de elaboración, mantenimiento y distribución de la información del territorio para su uso en la toma de decisiones y el desarrollo de las políticas de ese gobierno.

El término “arquitectura” empleado aquí, se entiende como el conjunto de modelos, estándares, tecnologías, especificaciones y procedimientos usados para representar, transformar y acomodar en general, la integración, el mantenimiento y el uso de la información (Smits et al., 2002). Por lo tanto, vamos a utilizar esta palabra para aglutinar los componentes, las relaciones entre éstos, su funcionamiento en un entorno corporativo y todos los aspectos relacionados con la implantación de este sistema de información. Una cuestión clave en este desarrollo de un sistema es el intercambio de datos geoespaciales eficaz dentro y entre los límites de la organización. Con este diseño buscamos una interoperabilidad que permita a los diferentes sistemas departamentales, que suelen coexistir en una gran organización, funcionar como si fueran un todo.

En las últimas dos décadas, la interoperabilidad en el campo de la información geográfica viene representada por las IDEs. Por esa razón, en este trabajo pretendemos utilizar los fundamentos y la forma de trabajar de estas infraestructuras para diseñar una herramienta corporativa que sea capaz de producir y gestionar grandes volúmenes de información geográfica.

A lo largo del trabajo, ya se ha realizado una revisión de todos los elementos que se deben manejar en el establecimiento de una infraestructura de datos espaciales. Para Hjelmager et al. (2008) a la hora de afrontar el diseño e implantación de un sistema para gestionar la información geográfica, ya sea un SIG corporativo o IDE, es muy importante considerar y examinar los diferentes aspectos conceptuales, técnicos, socio-técnicos, políticos, organizativos, legales, culturales, institucionales y financieros, que están directamente relacionados con su desarrollo. Por lo tanto, el reto de diseñar, construir, implementar y mantener este tipo de sistemas interrelaciona muchas disciplinas diferentes y requiere el examen de tales factores y problemas. Estos aspectos y las conclusiones alcanzadas en los capítulos que conforman este trabajo se pueden considerar el cimiento esencial para el diseño de este modelo de SIG corporativo que proponemos.

En este capítulo, primero hacemos un repaso general de todas esas consideraciones y requisitos que debemos tener en cuenta para que el diseño cumpla los objetivos marcados, y después pasaremos a describir el modelo de SIG corporativo

## 6.1 Consideraciones previas al diseño

Los avances desde el uso de la cartografía analógica a la información geográfica digital han creado oportunidades insospechadas y que han revolucionado el acceso a los datos, la distribución de la información y la toma de decisiones informadas en todos los niveles de gobierno y, de la misma forma, en la sociedad. El paso de la información que permanecía encerrada en cajones, al hecho de abrir todas las puertas para acceder a esta misma información, presenta nuevos desafíos para aquellos que adquieren, manejan y proporcionan acceso a los productos digitales.

Por lo general, los datos que normalmente se manejan en las administraciones son de calidad insatisfactoria o indefinida, están almacenados en sistemas de información geográfica propietarios y no son accesibles para usuarios de otras administraciones o para los ciudadanos. Por lo tanto, los proyectos que combinan datos procedentes de diversas fuentes para proporcionar información y dar soporte a las políticas de un gobierno, son a menudo laboriosos y tremendamente costosos. Estas limitaciones a la hora de acceder a los datos conducen a la duplicidad de esfuerzos en la captura y gestión de los mismos. En un tipo de información como es la geográfica, que por su propia naturaleza resulta cara, esta duplicidad se ha traducido en un enorme derroche de recursos, tanto en lo referente al dinero como en relación al personal técnico especializado implicado.

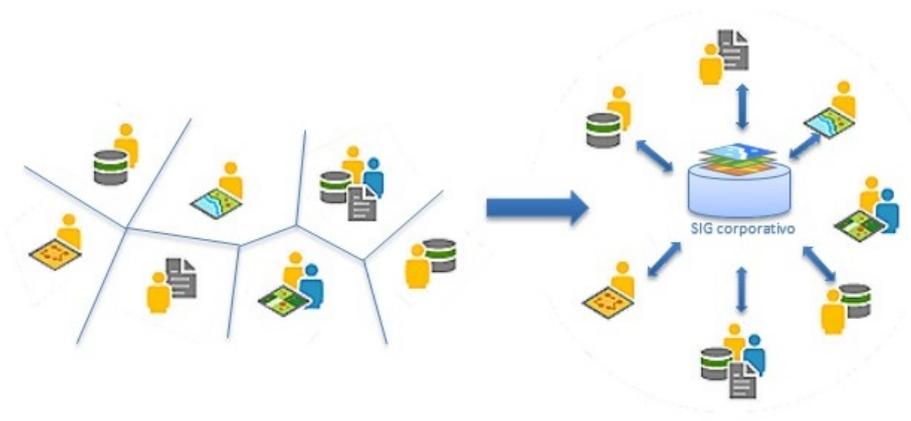


Figura 6-1 Paso de una estructura departamental a otra corporativa (elaboración propia).

Durante mucho tiempo y hasta la década de los 90, la mayoría de las aplicaciones SIG funcionaban como islas de información (figura 6-1), actuando como sistemas autónomos independientes, donde los datos geoespaciales capturados digitalmente eran almacenados, analizados y mostrados. Estos datos raramente se adquirían de otras fuentes digitales debido a la naturaleza propietaria de los formatos de archivo (Bishr, 1997). Los avances de la sociedad de la información han posibilitado el funcionamiento coordinado de los sistemas departamentales, permitiendo que la gestión de la información sea mucho más eficiente y reduciendo los costes,

sobre todo en los procesos de captura y gestión de datos. La mejora general de la interoperabilidad entre sistemas, e incluimos a los SIG en la misma dinámica que al resto de los sistemas de información de la organización, ha permitido el desarrollo de los sistemas corporativos.

En este contexto se mueven muchos gobiernos a la hora de afrontar la gestión de la información geográfica en sus departamentos. No sólo basta con implantar sistemas de información geográfica en ellos para facilitar el almacenamiento y gestión de los datos. Es necesario pensar en una herramienta corporativa que sea capaz de resolver estos problemas, reducir los costes y mejorar la toma de decisiones. Además, sería necesario establecer políticas para reducir la duplicidad de esfuerzos de captura de datos, para armonizar los contenidos y para facilitar y promover una amplia difusión de la información geográfica. Al mismo tiempo, la mayor disponibilidad de datos a su vez ayuda a estimular la innovación entre proveedores de datos y de servicios avanzados en el sector privado. Estos beneficios acabarán repercutiendo en la propia sociedad que también se suma a la utilización de la información geográfica implementado su uso en procesos cotidianos de la población.

Esta incorporación de la información geográfica en las acciones habituales de los gobiernos, las empresas y los ciudadanos es el concepto denominado *Spatially Enabled Society*<sup>47</sup> que manejan diferentes autores en los últimos años (Dessers et al., 2012; Hennig, Vogler, & Gryl, 2013; Rajabifard, 2008).

El diseño e implantación de un sistema con las características y posibilidades que hemos descrito no es sencillo. Lo primero a tener en cuenta es que no hay que pensar únicamente en el apartado tecnológico, que es lo que suele ocurrir cuando se intenta desarrollar. Este sistema corporativo debe contemplar múltiples facetas y, quizá la más importante, sea la organizativa como hemos ido observando a lo largo de este estudio. En relación de este aspecto, es imprescindible contar con la aceptación por parte de todos los actores que intervienen. Sin una estructura de gobierno basada en el consenso, es imposible lograr la interoperabilidad y el máximo valor de las inversiones corporativas en servicios geospaciales compartidos (Information Sharing Environment, 2015).

Por lo tanto, es muy importante que el órgano de dirección y coordinación del sistema en cuestión tenga representación de todos los departamentos o unidades de negocio que lo conforman. Como hemos podido ver en los casos de estudio analizados en el capítulo 3, los sistemas con órganos representativos y con mandato legal claro, funcionan con más agilidad y vigor, ofreciendo una mejor respuesta a las demandas de los usuarios de SIG corporativo. Este órgano, como centro de dirección del sistema, debe tener un planteamiento que permita que la información geográfica llegue a todos los puntos posibles de la organización.

### 6.1.1 Visión global

El diseño del sistema debe cumplir una serie de objetivos específicos que satisfagan las necesidades de un gobierno y, por consiguiente, de todos sus ciudadanos. Basándonos en el

---

<sup>47</sup> A lo largo del trabajo lo hemos traducido como “sociedad capacitada geográficamente” (ver capítulo 3)

modelo canadiense de *GeoConnections* (2005), hacemos una enumeración de los que consideramos imprescindibles:

- Facilitar el acceso a cualquier tipo de información geoespacial, en cualquier lugar y en cualquier momento.
- Permitir que las aplicaciones localicen y accedan a la información en línea a través de la red.
- Facultar el encadenamiento sin fisuras de aplicaciones, datos y servicios o combinaciones de éstos.
- Proporcionar capacidades de actualización y de intercambio, que permitan actividades de colaboración entre diferentes unidades.
- Promover la interoperabilidad semántica entre los datos para facilitar la integración de diferentes fuentes de información.
- Habilitar la integración de información geoespacial de fuentes diversas para proporcionar continuidad en los diferentes conjuntos de datos espaciales.
- Conseguir la interoperabilidad a gran escala mediante la adhesión a normas y especificaciones comunes y abiertas.
- Proveer de autenticación y autorización a los usuarios cuando sea necesario en el acceso a la información y a los servicios, según al grado requerido por cada centro directivo y según el tipo de información manejada.
- Facilitar el desarrollo de grupos o comunidades de usuarios, tanto internos como externos, para ajustar los requerimientos del sistema y mejorar el rendimiento del mismo.
- Proteger contra fallos del sistema mediante la implementación de una infraestructura robusta y confiable con la redundancia apropiada.
- Establecer vínculos con otras organizaciones con sistemas corporativos implantados para intercambiar experiencias y desarrollar proyectos conjuntamente.

Como ya hemos expuesto al inicio del trabajo, el contexto del mismo va a ajustarse a los sistemas de información geográfica corporativos en una administración pública sub-nacional o regional.

### 6.1.2 Nivel de gobierno sub-nacional

Sabemos que este tipo de sistemas también funcionan en grandes empresas, sobre todo del sector de la distribución energética (gas, electricidad, etc.) y las telecomunicaciones. Y aunque los denominemos de igual manera que los sistemas implantados en administraciones públicas, su sistema de gestión es diferente, pues no están obligados por los diferentes instrumentos legales a funcionar de una forma determinada. Su implantación es más sencilla desde el punto de vista organizativo, ya que los diferentes departamentos dependen jerárquicamente de una dirección. Esta misma tarea en un gobierno es más compleja debido a la autonomía de los diferentes departamentos u organismos que lo componen. Es más, en las administraciones que no tienen centralizada la gestión tecnológica e informática, el problema es incluso mayor. Éste

y otros problemas similares están presentes en la administración española y también se tienen en cuenta en la propuesta.

En cuanto al nivel de gobierno elegido para diseñar este trabajo, hemos considerado que el más interesante es el nivel sub-nacional, puesto que cuenta con las siguientes particularidades:

- Elaboración de bases topográficas a una escala con suficiente detalle para referenciar cualquier dato. A nivel nacional la escala de referencia para estas bases de datos en las comunidades autónomas es 1:5.000.
- Producción de datos cartográficos de temática muy variada dado el gran número de competencias asignadas. Medio ambiente, agricultura, ganadería, pesca, infraestructuras, ordenación del territorio, vivienda, turismo, estadística, educación o sanidad son las competencias básicas que asume cualquier gobierno regional en nuestro país.
- Capacidad tecnológica para sostener un sistema de información con diferentes unidades de negocio.
- Competencias normativas para establecer las reglas de funcionamiento.
- Necesidad de distribuir la información hacia otras administraciones y al ciudadano, sobre todo hacia la administración local, que no suele disponer de recursos para capturar la información que necesita para ejercer sus obligaciones.
- La dimensión de las unidades que componen el sistema (departamentos u organismos) son lo suficientemente grandes para necesitar un SIG, pero no tanto como para disponer de diferentes sistemas en la misma unidad.

Si comparamos estas características con las de un gobierno a nivel nacional, nos encontramos con que, a nivel nacional no se dispone de información de referencia con suficiente detalle y que sus unidades de negocio, que equivalen a ministerios o agencias, son muy grandes para depender todas de un único SIG corporativo. En este caso es más apropiada la implantación de un SIG corporativo por unidad, aunque el problema entonces es que nos hallamos con una escasa variedad en el contenido temático de la información.

La misma comparación en un nivel de gobierno local o municipal, nos ofrece una falta de competencia normativa y una dimensión de las unidades de negocio muy pequeña. Solo el caso de las grandes ciudades es equivalente al nivel regional. Y el mismo caso se produce con respecto a países pequeños, tipo Nueva Zelanda, como ya se ha comprobado en el capítulo 3.

Por lo tanto, para poder diseñar un SIG corporativo con un amplio espectro de actuación, nos vamos a centrar en dar solución a las demandas y requisitos de un sistema de información geográfica corporativo en una administración sub-nacional.

### 6.1.3 Influencia del marco legislativo

Para abordar esta tarea con garantías, hay que tener muy presente la definición de los marcos legislativo, tecnológico e institucional que acompañan al proyecto (Borba et al., 2014).

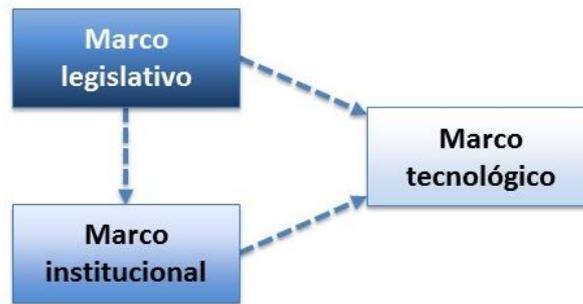


Figura 6-2 Relación entre los marcos legislativo, tecnológicos e institucionales (Borba et al., 2014)

Como podemos ver en la figura 6-2, si algo cambia en el Marco Legislativo, este cambio puede afectar el Marco Institucional y/o el Marco Tecnológico. Si algo cambia en el Marco Institucional, este cambio sólo afecta al Marco Tecnológico. Las variaciones en los Marcos Institucional y Tecnológico no afectan al Marco Legislativo, es decir, el entorno legal en el que se va a desarrollar el proyecto es independiente, aunque podría estar influenciado por los entornos institucionales o tecnológicos.

Por ejemplo, en el marco jurídico europeo contamos con tres directivas que promueven la disponibilidad de datos, cada una con un propósito diferente: acceso, en la directiva sobre información medioambiental; reutilización en la directiva sobre la reutilización de la información del sector público; e intercambio, en la directiva INSPIRE. La implantación de un SIG corporativo se puede aprovechar de las determinaciones de estos instrumentos. En la mayoría de ellos se opta por la interoperabilidad, sistemas abiertos, reutilización de los datos y el uso de estándares.

Mientras que las buenas condiciones políticas, sociales y culturales son vitales para el desarrollo de una IDE, el marco jurídico también juega un papel significativo en al menos dos formas (Janssen, 2008):

1. Formaliza estas condiciones políticas, sociales y culturales en un marco vinculante que proporciona un conjunto mínimo de derechos y obligaciones para las partes. Estas condiciones están disponibles para todos y no dependen de circunstancias personales o situacionales. Esencialmente el marco proporciona seguridad jurídica.
2. Proporciona los medios para responder a los problemas que surgen entre los diferentes actores en la IDE.

#### 6.1.4 Influencia de INSPIRE

Debido a la enorme influencia que está ejerciendo INSPIRE a nivel mundial en todo lo relacionado con la gestión de la información geográfica, vamos a situar nuestro contexto de trabajo en Europa. De esta forma, el diseño de la herramienta corporativa se podrá alimentar de los desarrollos y avances alcanzados por los trabajos relacionados con esta Directiva europea. Por otra parte, el SIG corporativo que sostiene a la IDE deberá cumplir con los rigores que impone este marco legislativo, cuya visión es facilitar la disponibilidad de información geográfica armonizada y de alta calidad para formular, aplicar, supervisar y evaluar la política comunitaria

y para que los ciudadanos accedan a la información espacial, ya sea local, regional, nacional o internacional (Smits et al., 2002).

Si se quisiera implantar este sistema en otra región fuera del continente europeo, poco habría que variar en los aspectos tecnológicos puesto que los estándares aplicados en Europa son muy similares a los de otros continentes. Quizá, dependiendo del país, la diferencia se encontraría principalmente en las obligaciones a cumplir para con los ciudadanos.

### 6.1.5 Principios de funcionamiento

El punto de partida para el diseño de un sistema es el establecimiento de unos principios comunes que guíen la definición de los diferentes componentes y su comportamiento. Basándonos en la revisión previa de los sistemas de información geográfica e infraestructuras de datos espaciales en funcionamiento, junto con el estado actual de la tecnología, podemos determinar los siguientes principios:

- **Acceso rápido y sencillo** a los datos básicos, que deben ser fácilmente interpretables y utilizables por una gran variedad de usuarios, permitiendo su agregación a otros.
- **Reducción en los costes** asociados con la duplicidad en la captura, almacenamiento y acceso de los datos, lo que permite aumentar la eficiencia y rentabilidad de la inversión basándose en el principio de "recoger una vez, usar muchas veces".
- **Mejora en la toma de decisiones** por parte de las unidades de negocio usando los mismos datos fidedignos. Se debe evitar la utilización de diferentes versiones del mismo dato.
- **Reducción de la complejidad** mediante el uso de datos documentados y de calidad conocida y, por tanto, de confianza determinada.
- **Conocimiento de la existencia de la información** mediante una catalogación exhaustiva.
- **Responsabilidad** en la producción y custodia de los datos por parte de las unidades competentes. Ninguna unidad debe producir un dato sin tener competencia sobre él
- **Incremento de la interoperabilidad** mediante el uso generalizado de conjuntos de datos consolidados para operaciones, toma de decisiones y análisis cruzado de información entre departamentos.
- **Mayores niveles de innovación** y competencia, resultando mejores productos y servicios disponibles para los usuarios.

Teniendo en cuenta estos principios, que se pueden considerar comunes a muchos gobiernos, el diseño del SIG corporativo se centrará en las líneas de trabajo que han sido utilizadas en otros proyectos a nivel mundial (GeoConnections, 2005; Kuhn et al., 2000; Victorian Spatial Council, 2008):

1. **Acceso a la información:** desarrollar los componentes técnicos para que los ciudadanos puedan acceder a datos y servicios geoespaciales a través de Internet, trabajando en agencias federales, gobiernos provinciales y territoriales, el sector privado y la comunidad académica.

2. **Datos únicos y confiables:** proporcionar conjuntos de datos geoespaciales de uso general necesarios para el análisis, lo que permite a los usuarios y agencias agregar valor, desarrollar aplicaciones y crear bases de datos geoespaciales más detalladas.
3. **Gestión completa del flujo de datos:** soporte de aplicaciones que permitan la gestión de los datos geográficos desde su captura hasta su distribución, pasando por la edición, análisis y modelización.
4. **Interoperabilidad:** definición de normas que simplifiquen el acceso, mejoren la calidad de los datos y la integración, y alienten el desarrollo comercial de la tecnología de software internacionalmente compatible.
5. **Participación:** crear acuerdos y proyectos de colaboración entre el gobierno federal, los gobiernos provinciales y territoriales, la industria y el mundo académico para hacer más accesibles los datos geoespaciales compartiendo nuevos desarrollos y capitalizando tecnologías emergentes.
6. **Soporte a las políticas de gobierno:** simplificación de las políticas gubernamentales y armonización del acceso y uso de datos geoespaciales.

El SIG corporativo, de acuerdo con estos principios y líneas de trabajo, estará formado por una red distribuida de bases de datos geográficos que, bajo unas normas comunes, estarán unidas por aplicaciones y protocolos para garantizar la compatibilidad e interoperabilidad de datos y servicios. De hecho, garantizando que los contenidos y servicios de datos sigan esas normas comunes, se volverán fácilmente accesibles y podrán combinarse perfectamente entre cada una de las unidades de negocio y a través de las fronteras administrativas, utilizando una infraestructura de datos espaciales.

### 6.1.6 Usuarios y proveedores de datos

A diferencia de una IDE, los usuarios del sistema de información geográfica corporativo son conocidos. Puede haber un número de consumidores de datos mínimo que una tipología similar a invitados, pero lo habitual es que todos los usuarios estén perfectamente identificados y a su vez tengan asignados un *rol* en función de su pertenencia a un departamento y de su trabajo dentro del sistema. En una IDE, la mayor parte de los usuarios son externos a la organización y desconocidos. Esta es una de las claves en el diseño de este sistema: tenemos que satisfacer a unos usuarios con unas demandas conocidas y que al mismo tiempo puedan participar activamente en la gestión del sistema.

Por otro lado, en la mayor parte de los casos estos usuarios también van a ser productores de datos. Sus departamentos o unidades de negocio usarán información residente en el sistema y también crearán datos para ser introducidos en el mismo. Se puede decir que hay dos grandes grupos: **proveedores** y **utilizadores**; y que muchos de los usuarios pueden pertenecer a ambos grupos.

Según los diferentes tipos de usuario analizados en alguno de los sistemas evaluados en el capítulo 3 (Victorian Spatial Council, 2017; New Zealand Geospatial Office, 2011; Kuhn et al., 2000), junto con los que se apuntan en otra bibliografía más genérica (Bernabé-Poveda & López-Vázquez, 2012; Nebert, 2004; Olaya, 2014), establecemos una lista de *roles* o papeles que pueden

asumir los diferentes usuarios del SIG corporativo. A continuación, enumeramos en la tabla 6-1 las denominaciones de usuario que hemos considerado, clasificados en esos dos tipos: proveedores y utilizadores. Los primeros siete clases de usuario identifican a los usuarios internos de la organización, y los dos últimos, los que son externos.

Denominación	Descripción de funciones	Tipo
<b>Proveedor de datos</b>	Es el responsable de un conjunto de datos. Debe garantizar la calidad, el almacenamiento, la seguridad y la distribución de los datos. No tiene que estar directamente involucrado en el mantenimiento o el suministro de los datos, pero debe estar en condiciones de dirigir dichas actividades.	Proveedor
<b>Proveedor de servicios</b>	Pone en marcha servicios de información geográfica a partir de los datos existentes.	Proveedor
<b>Proveedor de aplicaciones</b>	Diseña y mantiene aplicaciones SIG con los datos y servicios existentes	Proveedor
<b>Administrador del sistema</b>	Su misión es trabajar en el funcionamiento y configuración interna del sistema. Tanto a nivel tecnológico como organizativo.	Proveedor
<b>Integrador de sistemas</b>	Usuario que trabaja en el diseño y adaptación de otros sistemas dentro de la organización para incorporar los servicios SIG.	Proveedor
<b>Tomador de decisiones</b>	Usuario poco especializado en SIG que influyen de manera notable en el diseño del sistema mediante sus requerimientos.	Utilizador
<b>Usuario general</b>	Acceso, consulta y combinación de datos espaciales. Generación de nueva información geográfica y de bases de datos como resultado de análisis y modelizaciones.	Utilizador
<b>Usuario externo</b>	Uso de la información y de los datos geográficos generados a partir del SIG institucional.	Utilizador
<b>Intermediarios</b>	Realiza la labor de ayudar a la organización a distribuir sus datos y, junto con proveedores de servicio y aplicaciones externos, puede crear otros productos que añaden valor a los datos originales.	Proveedor / Utilizador

Tabla 6-1 Roles que pueden tomar los usuarios en su trabajo con el SIG corporativo (elaboración propia).

Entre los **usuarios proveedores** de información, es muy importante determinar la responsabilidad de cada usuario sobre el conjunto de datos que es de su competencia. Este compromiso se suele determinar de dos formas:

1. Existe un precepto legal que le asigna esta competencia. Por ejemplo, el Catastro es el único que puede determinar el CDE de parcelas catastrales por mandato legal.
2. La propia dirección del SIG corporativo asigna ese CDE a un departamento mediante un determinado plan de actuación (como puede ser un Plan Cartográfico). Este puede ser el caso de un CDE como la cobertura del suelo, que no entra entre las competencias legales de ningún departamento, pero son asignadas a uno de ellos para que no haya duplicidades.

Si la responsabilidad legal es compartida o no está clara, o si no hay una autoridad legislativa, entonces para seleccionar el departamento más apropiado para asumir las responsabilidades de administración de un conjunto de datos en particular podemos seguir los criterios que enumera el *New Zealand SDI Cookbook* (New Zealand Geospatial Office, 2011) que, sin orden de prioridad, considera los siguientes:

- Tiene mayor necesidad operacional de esos datos.
- Tradicionalmente mantienen esos datos.
- Está mejor capacitado para capturar y / o mantener los datos.
- Tiene una mejor posición económica para justificar la recopilación de los datos,

- Un departamento sigue mejores estándares de calidad para la captura y mantenimiento de los datos.
- Está dispuesto a colaborar con otros en los requisitos generales de los usuarios y sujeto a la financiación necesaria para los requisitos adicionales.

Dentro de este grupo de usuarios proveedores, figuran además los suministradores de servicios, los de aplicaciones y los integradores de sistemas. Su número es bastante inferior al de los productores de datos y, en organizaciones pequeñas, suelen ser los mismos usuarios los que realizan estas tres labores. También en los casos en que la arquitectura tecnológica no está centralizada, pueden coincidir los proveedores de datos y servicios en los mismos usuarios.

El otro gran grupo son los **usuarios utilizadores** de datos, que son los consumidores también de aplicaciones y servicios para la toma de decisiones, para la consulta diaria en la gestión de gobierno o para su análisis y modelización en estudios. También en este grupo, están los usuarios externos que acceden a la información generalmente a través de la IDE correspondiente. Por otro lado, a caballo entre los dos grandes grupos, encontramos una tipología de usuarios muy especial que son los Intermediarios (*brokers*). Estos usuarios de la información crean productos y aplicaciones a partir de los datos que encuentran en los SIGs e IDEs, y les dotan de un valor añadido para que otros usuarios accedan a la información de manera más sencilla y enriquecida. En algunas iniciativas, como el caso de Renania del Norte-Westfalia (Brox, Bishr, Senkler, Zens, & Kuhn, 2002), a estos usuarios generadores de valor añadido, se les considera un factor clave, puesto que crean riqueza alrededor de la información geográfica y justifican en cierta manera el alto coste de su producción. Al mismo tiempo se incrementa el volumen de negocio en las empresas TIC de la región. En el siguiente esquema (figura 6-3), resumimos las relaciones entre los diferentes tipos de usuarios. El sentido de la flecha, nos indica el movimiento de los datos entre éstos y el sistema.

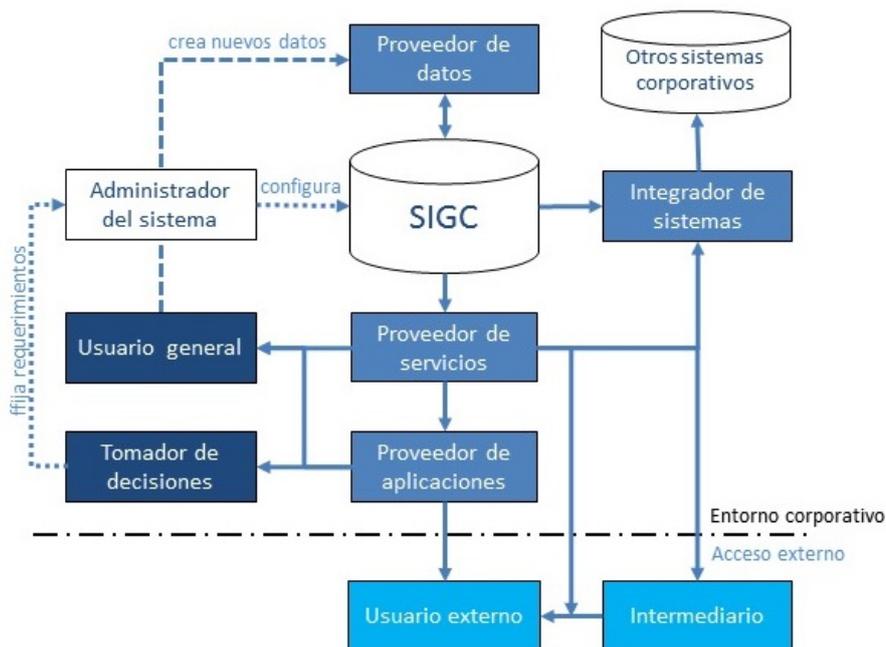


Figura 6-3 Esquema de resume el flujo de información entre los diferentes tipos de usuarios y el SIG corporativo (elaboración propia).

Otro conjunto de usuarios que no hemos incluido en la tabla por ser más propio de una IDE que de un SIG corporativo, son las comunidades de usuarios. Conviene tenerlas en cuenta en un futuro pues existe la opinión (Olaya, 2014) de que la existencia de comunidades de usuarios activas es una óptima señal de un SIG exitosamente implantado, extendiéndose hasta cubrir a todos los usuarios de una determinada aplicación, o a todos los involucrados en un área de conocimiento dada en la que se utilice un SIG.

### 6.1.7 Situación de partida

Vamos a planear una situación inicial que podría ser la usual en una administración que desea implantar o reconfigurar su sistema de información geográfica corporativo. En un contexto actual, lo normal es que disponga de algunos departamentos con SIG funcionando de manera aislada. También es habitual, por lo menos en España, que este gobierno regional haya puesto en marcha una infraestructura de datos espaciales, con una aplicación web para visualizar mapas y con una serie de servicios web publicados para dar acceso a los usuarios internos y externos hacia alguno de sus conjuntos de datos espaciales.

Esta situación de partida se va a caracterizar por los siguientes puntos:

- Multitud de aplicaciones SIG con diferentes tecnologías repartidas por los departamentos que componen la organización.
- Información geográfica en formato digital en su práctica totalidad, pero muy poco estructurada y carente de modelos de datos conocidos.
- Aplicaciones de gestión que usan información geográfica de baja calidad o de fuentes externas.
- Intentos de puesta en común de la información desde diferentes puntos de la organización.
- Políticas de datos que han pasado de ser restrictivas a libres.
- Implantación de una IDE para difundir la información geográfica y cumplir con los mandatos legales.
- Departamentos cuyo trabajo diario se centra en el territorio (urbanismo, infraestructuras, etc.) que no utilizan ningún SIG para la toma de decisiones.

Aunque parezca una situación catastrófica, es lo habitual en las regiones europeas. En los diversos informes realizados en INSPIRE así se refleja (Janssen & Vandenbroucke, 2006; Vandenbroucke et al., 2008; Vandenbroucke, Crompvoets, Janssen, & Bamps, 2011) y esa es una de las motivaciones que impulsó el establecimiento de la Directiva.

### 6.1.8 Modelo de referencia

En apartados anteriores (capítulo 4) hemos visto la importancia de utilizar un modelo de referencia para describir los componentes del sistema con sus requerimientos, sus relaciones y los pasos necesarios para diseñar los detalles y definir su funcionamiento. Este instrumento nos

permite modelar sistemas complejos sobre distintos recursos de información que están distribuidos en diferentes entornos conectados dentro de una organización. También hemos visto en los casos analizados en el capítulo 3, que el modelo más utilizado es el definido por las organizaciones ISO e ITU<sup>48</sup> cuando se plantearon hace unos años la elaboración conjunta de una serie de estándares para el desarrollo de aplicaciones abiertas y distribuidas. Este modelo es el denominado Modelo de Referencia para el Procesamiento Abierto y Distribuido (RM-ODP) y ha sido adoptado mayoritariamente por multitud de iniciativas y constituye la base conceptual para la familia de normas ISO19100.

RM-ODP define conceptos estandarizados y terminología para el procesamiento abierto y distribuido. De forma genérica, el modelo identifica las principales prioridades para las especificaciones de una arquitectura y proporciona un conjunto mínimo de requisitos, además de un modelo de objetos para garantizar la integridad del sistema. Se utilizan cinco puntos de vista estandarizados, que abordan diferentes aspectos del sistema y permiten la "separación de las preocupaciones" (Klopfer, 2005). Esos cinco puntos de vista se pueden ver como niveles de abstracción para la descripción de un sistema: corporativo, de la información, computacional, de la ingeniería y tecnológico.

Por tanto, no se nos plantea ninguna duda en que para diseñar la arquitectura de este SIG corporativo vamos a utilizar este modelo de referencia. El alineamiento con este modelo de referencia también nos asegura que las normas y especificaciones correspondientes sean fácilmente adoptadas, puesto que nos permite definir un sistema que puede ir creciendo gradualmente de manera flexible con unos costes operacionales reducidos. También admite adaptarlo a los cambios de requerimientos y proporciona un mayor nivel de eficiencia de los sistemas. Además, con esta flexibilidad se reduce enormemente el riesgo de pérdidas en caso de una inversión futura.

### 6.1.9 Flujo de la información en el sistema

Los datos geoespaciales se crean, editan, comparten y utilizan a través de complejos procesos. Estos flujos de trabajo abarcan diversos departamentos y tienden a ser mal entendidos en su totalidad. La norma ISO 19119 (ISO/TC 211, 2016b) define el flujo de trabajo como la automatización de un proceso de negocio, total o parcialmente, por el que se pasan los documentos, informaciones y tareas de un participante a otro por acciones, en conformidad con un conjunto de reglas de procesamiento. A medida que los datos avanzan a través de un flujo de trabajo, pueden experimentar conversión de formatos de datos, interpretaciones erróneas, transformaciones, integración con otros datos para producir un producto final.

Si dos departamentos usan los mismos datos provenientes de orígenes diferentes en procesos similares, nos encontraremos con productos incoherentes. Es un típico caso que ocurre habitualmente. Podemos encontrarnos que la cartografía del departamento de urbanismo que produce para un plan de ordenación utiliza una red de carreteras cuyo origen desconocen. Para otro plan de protección de espacios naturales, el departamento correspondiente usa una red de

---

<sup>48</sup> International Telecommunication Union (ITU) es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la Información y la Comunicación, conocido antes como CCITT, <http://www.itu.int/>

carreteras obtenida de otra fuente. Las líneas que delimitan las ordenanzas de urbanismo se apoyan en las líneas de las carreteras para determinar las clases de suelo y, con los límites de los espacios protegidos ocurre algo similar. Cuando se da el caso de que un ciudadano superpone las dos cartografías para determinar bajo qué ordenanzas o protecciones se encuentra su propiedad al borde de una carretera, se va a encontrar con que los límites que deberían coincidir por estar ajustados a la línea de una carretera, pueden ir en paralelo por una mala utilización de la información. Este efecto produce una inseguridad jurídica para la administración y para el ciudadano, y debería corregirse con una gestión eficaz de la información geográfica.

La existencia de un **dato único oficial** (o autorizado) es clave para evitar estos problemas. También las especificaciones de datos desempeñan un papel esencial en este proceso, ya que permiten que la estructura y la semántica de los datos sean documentadas y utilizadas para facilitar el desarrollo, la interpretación y la transformación de los mismos.

Sobre la base de experiencias en el desarrollo y trabajo con datos geoespaciales en Australia, Box et al. (2015) identifican una serie de patrones que describen los diferentes flujos de información en un entorno colaborativo:

- **Anárquico** (o punto a punto): interacción directa entre el productor o proveedor de datos y el usuario sin la participación de un intermediario. Cada usuario debe encontrar, negociar el acceso, extraer, cargar, interpretar, transformar y luego armonizar cada conjunto de datos para crear un producto coherente con cobertura completa. Este ha sido durante mucho tiempo el patrón tradicional para los usuarios de SIG: primero se consiguen los datos, luego se averigua qué contiene cada capa o atributo, se interpretan y se construye el producto final. No hay intermediario. El coste recae en el usuario final.
- **Centralizado**: la producción de datos está centralizada en una sola unidad de negocio y se utilizan aplicaciones específicas. Una sola organización es responsable de todos los datos que se requieren para producir un producto que pueda satisfacer una necesidad especializada interna o externa del usuario. Esta organización es responsable de generar o recopilar todos los datos en sí, o tiene acuerdos privados con los proveedores externos. Ha sido y sigue siendo muy utilizado en las administraciones, y su parte visible es la IDE. El coste del proceso es asumido por el organismo que centraliza los procesos.
- **Agregado**: Hay diferentes productores de datos, pero los procesos de agregación e integración de datos son realizados por un solo intermediario. Este agrega datos heterogéneos de múltiples proveedores, cada uno de los cuales publica datos de acuerdo con una estructura, formato y método de publicación diferentes. El intermediario procesa los datos para crear un producto coherente. El tratamiento de los datos implica el acceso, extracción, interpretación, transformación, carga, integración, armonización, producción y entrega del producto final. El agregador o intermediario debe mantener el conocimiento de todos los modelos de datos de las fuentes. Los costes son soportados fundamentalmente por el agregador, que luego puede recuperar el dinero al cobrar a los usuarios. Este patrón representa un bajo costo para los proveedores, ya que no hay necesidad de transformar los datos de su esquema local.
- **Negociado**: el intermediario está centralizado y transforma los datos en una forma común a partir de datos suministrados utilizando modelos separados. A través de un

servicio, el intermediario centralizado transforma los datos heterogéneos suministrados por los proveedores de datos, y genera servicios en tiempo real con una estructura común basada en un esquema de aplicación de la comunidad. Los proveedores utilizan su propia estructura y semántica para la entrega. Normalmente, el esquema de la aplicación corporativa es desarrollado por la comunidad, pero puede, en circunstancias limitadas, ser desarrollado por el intermediario e imponerlo. En definitiva, es una transformación en tiempo real por parte de un intermediario, que ofrece los datos homogéneos a los usuarios. El productor soporta una pequeña parte del coste y el intermediario realiza un esfuerzo mayor. La ventaja para el usuario final es que todos los datos le llegan con unos modelos comunes.

- **Federado:** se basa en el suministro de datos federados utilizando modelos de datos comunes. En este patrón, los proveedores de datos proporcionan una visión de sus datos de acuerdo con un modelo acordado por la comunidad. El proveedor transforma los datos al modelo común y los suministra bajo servicios interoperables. Los usuarios finales tienen acceso a servicios de múltiples proveedores de datos, de acuerdo con la estructura y la semántica estándar (de la comunidad). Esta versión es muy útil para los usuarios, que pueden usar software común para procesar múltiples fuentes. El coste recae en el proveedor y no se necesitan intermediarios, aunque pueden coexistir para agregar valor a la información.

Los patrones se distinguen principalmente por la ubicación y el momento de la transformación de los datos. El protagonista de esta tarea soporta una gran parte del coste del proceso. Desde el primer patrón hasta el último, siguiendo el orden en que están descritos, podemos observar una evolución de los flujos de trabajo en los entornos corporativos. Los dos primeros casos asumen que los procesos están centralizados. Los dos siguientes introducen la figura del intermediario, que puede ser alguien de dentro o de fuera de la organización, y que realiza el trabajo “duro” y costoso. Y el último caso, que se podría definir como el ideal y al que se pretende llegar, tanto en las IDEs como en los entornos corporativos: información directa del productor, costes compartidos, homogeneidad e interoperabilidad. En la figura 6-4 se muestra esquemáticamente el flujo de la información en cada uno de estos patrones para el suministro de datos.

Sin embargo, para la producción y edición de información, el esquema es similar pero más complejo pues intervienen más componentes ya que hay que tener en cuenta una serie de requerimientos y características de los datos a modificar:

- Geometrías comunes entre elementos: a la horade modelizar los objetos geográficos, partes de sus geometrías pueden ser comunes o coincidir en una zona.
- Mantenimiento de atributos por diferentes proveedores: se debe tener en cuenta el uso diferente que pueden hacer dos departamentos de un mismo objeto.
- Control de ciclo de vida de los objetos: en muchos temas, es esencial guardar los objetos modificados o eliminados.
- Identificadores únicos: necesarios para la trazabilidad de un objeto geográfico.

- Representación múltiple: según sea el tema en que se utilice, el objeto puede representarse de forma diferente.
- Aseguramiento de la calidad de la información: antes de que la información se almacene en la base de datos, es necesario que algún componente asegure que el dato cumple con los requisitos de calidad.

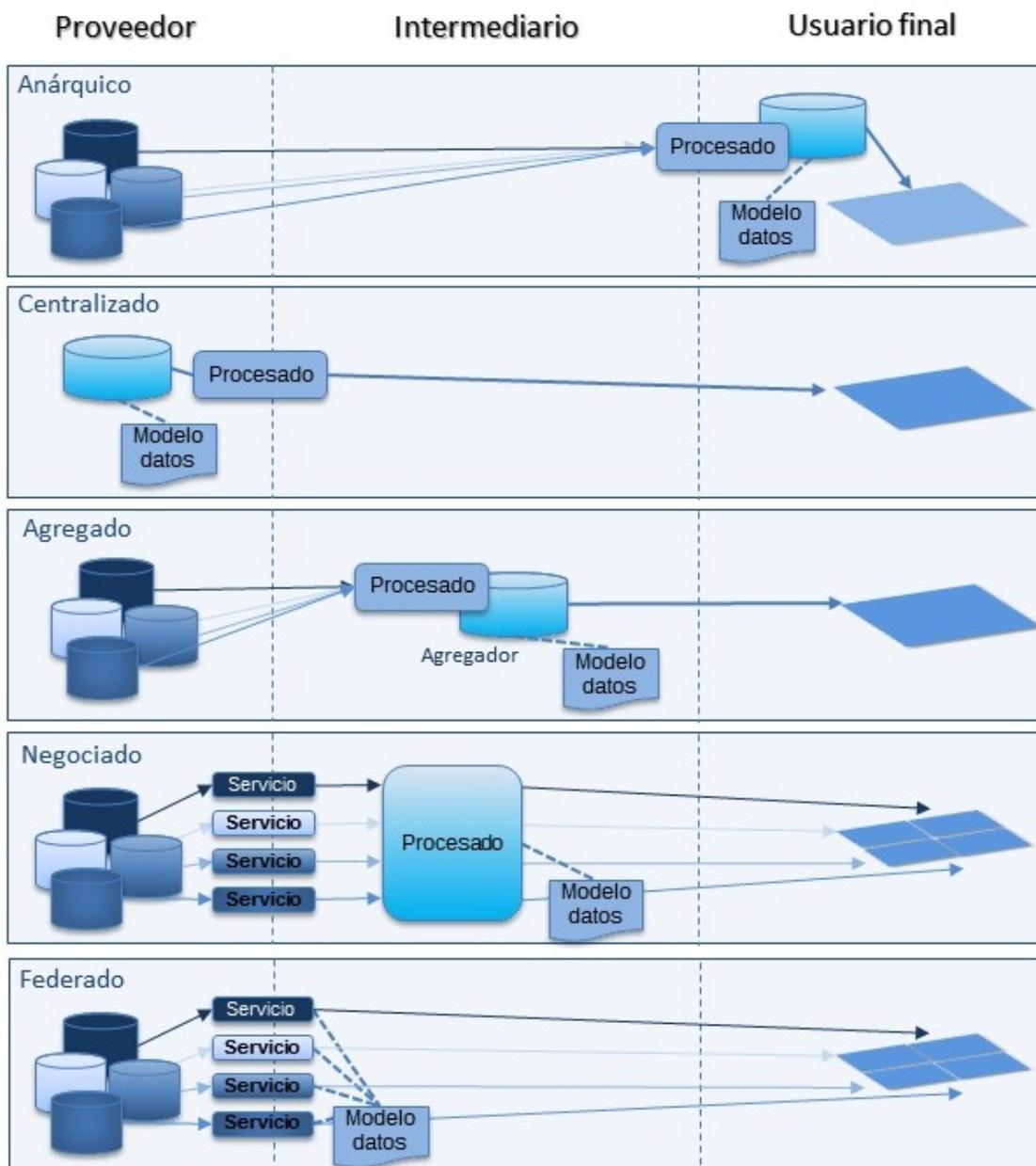


Figura 6-4 Patrones de flujos de información (Box et al., 2015).

## 6.2 Análisis de requerimientos del SIG corporativo

El trabajo está planteado para diseñar una arquitectura para un sistema de información corporativo en un gobierno regional utilizando los componentes tecnológicos desarrollados para la construcción de las IDE. Es decir, un sistema global que permita la interoperabilidad

entre los diferentes sistemas departamentales de una organización mediante la utilización de los estándares, de las aplicaciones de software, de las especificaciones de datos y demás elementos que, desde hace dos décadas, se vienen empleando en el desarrollo de las infraestructuras de información espacial o geográfica.

Teniendo en cuenta la situación de partida de la organización, este sistema va a tener unos requerimientos que podemos enunciar desde tres perspectivas: la de los usuarios, la corporativa, en este caso una administración pública regional, y desde el punto de vista de la interoperabilidad.

### 6.2.1 Requerimientos de los usuarios

Para garantizar la continuidad de un SI hay necesariamente que identificar los requerimientos de los usuarios en relación a la disponibilidad de datos y al diseño de los servicios, a las entidades de proveedoras de información y/o a las entidades utilizadoras de datos y servicios (Kuhn et al., 2000). El SIG corporativo tiene como primer objetivo el proporcionar el acceso a los datos geoespaciales de forma distribuida y en red para todos los usuarios de su organización.

Los usuarios de información geográfica necesitan ser capaces de buscar, visualizar, editar, integrar, analizar y compartir datos geográficos. El sistema les debe facultar para realizar estas operaciones en un entorno de confianza de los datos, de respuesta rápida y seguridad en los procesos. El usuario que inicialmente ya contaba con una herramienta SIG para su trabajo diario, debería ver el SIG corporativo como una parte ampliada y transparente de su sistema, que le permite acceder a más información, más aplicaciones y más utilidades para el trabajo con los datos geográficos. El nuevo usuario de SIG, debe encontrar en él una herramienta sencilla de usar, con accesibilidad a todos los datos y facilidad para seguir realizando sus procesos de una manera más eficiente.

### 6.2.2 Requerimientos corporativos

Los sistemas de información tienen que responder a las demandas de los usuarios, pero también a las necesidades cada vez más complejas de su entorno de negocio y que evolucionan a un ritmo cada vez más rápido. Aunque nos estemos refiriendo a administraciones públicas, también tienen “su negocio”, que viene reflejado en las competencias que le son asignadas y que debe ejercer para aplicar las políticas públicas y satisfacer las demandas de los ciudadanos. Las exigencias que se solicitan a la tecnología y a la información dentro el SIG corporativo, y que hemos estudiado en los capítulos anteriores, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Los sistemas corporativos deben implantarse para **resolver los problemas reales** que se plantean en una organización. Su implantación no debe atender a oportunidades tecnológicas u ocurrencias de progreso mal entendidas.
- Los sistemas tienen que ser capaces de **adaptarse y evolucionar** de una forma rápida. Es importante que estén basados en componentes **reutilizables**, definidos sobre una arquitectura que separe las diferentes áreas del negocio, las distintas reglas que lo rigen, y construida independientemente de la infraestructura tecnológica subyacente.

- Se debe utilizar un **lenguaje preciso y compartido** para eliminar barreras de comunicación entre sistemas y ambigüedades.
- La arquitectura debe **ser escalable** para crecer según las necesidades del negocio mediante la incorporación de nuevos requisitos.
- Los sistemas deben **ser integrables** con otros sistemas de la organización y con sistemas externos (proveedores, clientes, etc.).

En la figura 6-5 podemos ver esquemáticamente como interactúan estos requisitos dentro del sistema.

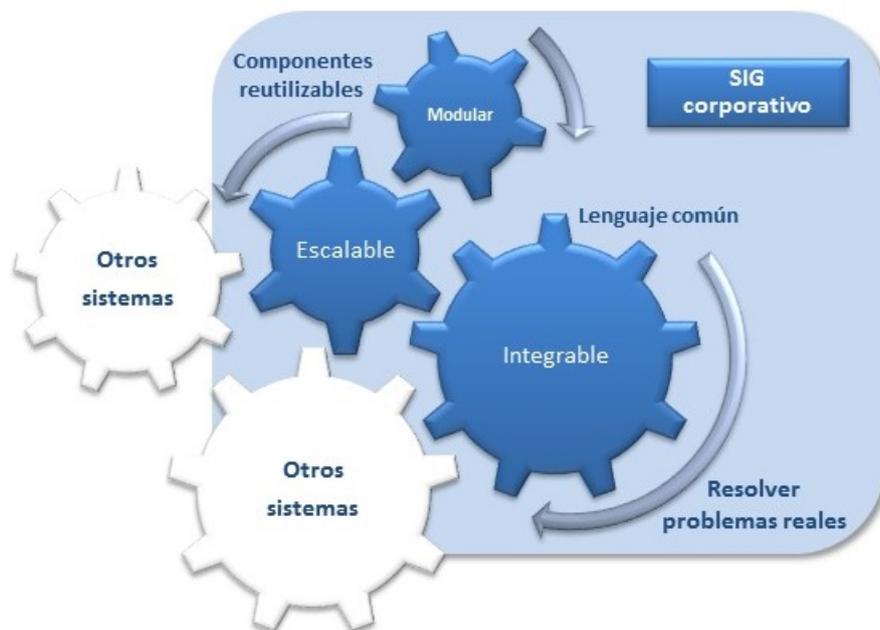


Figura 6-5 Requisitos de negocio del SIG corporativo (elaboración propia)

### 6.2.3 Requerimientos de interoperabilidad

Para permitir que una administración pública preste servicios de calidad, la interoperabilidad debe abordarse en múltiples niveles, como ya hemos descrito en el apartado 2.11 según el Marco Europeo de Interoperabilidad (Comisión Europea, 2017). En el caso de un sistema para la gestión de información geográfica, los requerimientos son similares, como reflejan los enumerados en el proyecto *Eurográphics* (Arnulf Christl & WP5 partners, 2011):

- **Organización y procesos:** los procesos de los SIGs en los diferentes departamentos deben alinearse, sincronizarse o ser compatibles para alcanzar los objetivos acordados. Es necesario un órgano de dirección o coordinación que regule este aspecto.
- **Intercambio de información:** este nivel se centra en los datos intercambiados y en los acuerdos que garantizan que el significado preciso de la información intercambiada (concepto, organización, servicios, etc.) sea preservado y bien comprendido por las partes interesadas. Los modelos de datos, la disponibilidad y el uso de la información son otras piedras angulares para el intercambio sin fisuras de información entre todos los departamentos.

- **Político y jurídico:** el contexto debe ser favorable para que las diferentes unidades cooperantes tengan visiones compatibles, una gran conciencia de los problemas de interoperabilidad, prioridades alineadas y centrándose en los mismos objetivos.
- **Oferta de servicios:** se necesita una arquitectura coherente para que haya interoperabilidad entre aplicaciones, basadas en directrices claras, módulos ensamblables y servicios relacionados. Esto abarca cuestiones técnicas relacionadas con la vinculación de sistemas y servicios informáticos.

En conclusión, la arquitectura del SIG corporativo debe ser diseñada con estos requisitos para satisfacer las necesidades de información geográfica de los departamentos que conforman la organización y para difundir la información hacia el exterior en forma de IDE.

### 6.3 Propuesta de diseño de SIG corporativo

El modelo de referencia RM-ODP reconoce que una arquitectura es compleja y no se puede describir en una sola representación; de ahí la forma de describir una arquitectura usando una serie de "puntos de vista" (Raymond, 1995). Los cinco enfoques elegidos por el RM-ODP (corporativo, sobre la información, informático, de la ingeniería y tecnológico) indican la amplitud de alcance que las arquitecturas deben tener en cuenta para llegar a resultados exitosos. Los puntos de vista abarcan una serie de cuestiones, desde la organización hasta la selección de tecnologías, de una manera cuidadosamente organizada y jerárquica (ver apartado 4.2.2). Aunque estos puntos de vista son diferentes y se relatan por separado, es importante señalar que todos ellos describen un mismo sistema, y por lo tanto son complementarios y nunca contradictorios entre sí.

La arquitectura que proponemos es esencialmente un modelo que describe la estructura de los componentes, sus relaciones y los principios y directrices que rigen su diseño y evolución a lo largo del tiempo. Está alineada con este modelo RM-ODP, y representa los elementos que se pueden utilizar para soportar la información, los servicios y las aplicaciones. Éste sólo se va a utilizar como esquema para describir la arquitectura. No se va a profundizar en la utilización del lenguaje RM-ODP pues no tiene sentido en una descripción de alto nivel de abstracción como es la que vamos a realizar en este trabajo.

Vamos a incidir en los aspectos organizativos, computacionales (aplicaciones y servicios) y relativos a la información, que como hemos descrito en las conclusiones del capítulo 5, son vitales para el buen funcionamiento del sistema. Los puntos de vista sobre la infraestructura informática y la tecnología utilizada van a ser menos rigurosos, pues no influyen tanto sobre el resto de los aspectos. Se trata de elementos demasiado específicos de la tecnología informática y de las comunicaciones, y se escapan de los conocimientos que desarrollamos dentro de la geomática. En el documento se ofrecerán unas directrices y unos requerimientos mínimos para poder implementar el sistema en un caso real.

Siguiendo el ejemplo de la descripción de la arquitectura técnica del proyecto *Eurogeographics* (Arnulf Christl & WP5 partners, 2011), al empezar el apartado sobre cada uno de los puntos de vista, vamos a hacer una descripción de los contenidos que abarca cada uno de ellos.

### 6.3.1 Perspectiva organizativa

*"El Enterprise Viewpoint se refiere al propósito, alcance y políticas que rigen las actividades del sistema especificado dentro de la organización de la que forma parte" (ISO 10746-1)*

En este apartado vamos a describir el sistema de información corporativo desde la perspectiva organizativa. Se empieza determinando el alcance y propósito del sistema, Después se enumeran los requerimientos de los usuarios y del funcionamiento del propio SIG. Se continua con la descripción del modelo organizativo y las atribuciones necesarias en su órgano de gobierno. Y se finaliza con el apartado normativo y los acuerdos de participación.

#### 6.3.1.1 Propósito y alcance

El SIGC corporativo es la herramienta principal para gestionar la información geográfica (o geográficamente localizada) de cada uno de los departamentos que conforman la administración regional. Se configura como una plataforma de servicios que permitirá el almacenamiento, gestión y distribución de todos los datos geoespaciales mediante el uso de aplicaciones propias o de su integración en herramientas de gestión. Todo dato con localización geográfica en el territorio, bien sea mediante coordenadas o a través de otro tipo de geolocalizadores, se gestionará en este sistema bajo el principio fundamental de "dato único". Es decir, un dato inequívocamente identificado no podrá estar almacenado con dos o más coordenadas diferentes.

El SIG corporativo está compuesto por los diferentes sistemas de información geográfica que están funcionando para uno o más departamentos (unidades de negocio) más una unidad central. Este componente centralizará los datos, aplicaciones y demás elementos compartidos por todos los usuarios y que no pertenecen a un dominio de aplicación determinado. Cada SIG departamental gestionará la información y las aplicaciones correspondiente a su dominio de actuación.



Figura 6-6 Unidades que componen el SIG corporativo (elaboración propia).

En el esquema anterior (figura 6-6) se puede observar que el sistema no se construye como una herramienta aislada en la organización. Se trata de un mecanismo aglutinador que aprovecha las piezas existentes y, mediante el trabajo compartido bajo una misma arquitectura, crea una nueva forma de trabajar bajo los principios citados anteriormente (apartado 6.1.5). La implementación de una arquitectura única es una empresa relevante. El éxito en su diseño y desarrollo determinará en última instancia su sostenibilidad futura (GeoConnections, 2005). La cooperación y colaboración entre los participantes del SIG corporativo es la base para el éxito presente y continuo.

### 6.3.1.2 Modelo organizativo

Entre los actuales modelos organizativos de las iniciativas implantadas, encontramos que la mayoría se basan principalmente en un paradigma orientado a productos. Los usuarios sólo interactúan con el sistema para consultar datos y obtener ficheros con los que trabajan. Excepto en los departamentos productores de datos, estos ficheros elaborados ya no vuelven al sistema, permanecen como productos aislados que son difíciles de compartir después. El aumento del uso de los servicios es una tendencia general en las tecnologías de la información y así lo respaldan ISO, la industria a través de OGC e iniciativas como INSPIRE o GIRA.

Estos avances tienden a implantar la idea de que los usuarios realicen todas sus operaciones dentro del entorno del SIG corporativo, sin necesidad de generar productos aislados que no tengan retorno sencillo. Un buen desarrollo de esta tecnología permitiría a los utilizadores ir agregando valor a la información original, puesto que todo lo que se lleve a cabo para obtener un producto, estará disponible para su reutilización. Las cadenas de valor y las funciones van cambiando rápidamente a medida que estas tendencias se desarrollan, y el modelo organizativo del sistema de información debe estar preparado para adaptarse a estas innovaciones. La clave para que un SIG corporativo tenga éxito es el desarrollo de un modelo organizativo apropiado (Fisher, 2005).

Al hablar de un modelo organizativo buscamos un concepto más amplio que el de una simple estructura. Deseamos que describa los elementos requeridos dentro del SIG corporativo, sus relaciones y su forma de actuar para que la información esté disponible dónde, cuándo y cómo se necesite.

El elemento clave en este modelo es el **órgano de gobierno** y la forma en que se constituye. La representatividad de todas las unidades de negocio y de los diferentes tipos de usuarios es imprescindible. Los **requerimientos de usuario** precisan llegar fácilmente a este órgano y que el consenso presida sus determinaciones, que se recogerán en los **acuerdos institucionales**, ineludibles para compartir la información entre los departamentos y con el ciudadano. Para facilitar esta labor, la organización debe dotarse de un **marco legal** que asigne los papeles a cada participante y que determine sus derechos y obligaciones para con el resto.

Como componente del marco legal más próximo a los usuarios, se deben elaborar unas **normas de funcionamiento** del SIG corporativo para que todos dominen el sistema y éste sea eficaz. Para valorar las etapas y mecanismos de implantación del sistema, se ponen en marcha unos **mecanismos de seguimiento**, que ofrecen una imagen permanente del funcionamiento de

todos sus componentes. También es necesario tener en cuenta la redacción de un **plan estratégico** que marque las líneas de trabajo a tres o cuatro años vista, incorporando los avances y desarrollos tecnológicos.

El principal activo del sistema son sus **datos**, que se capturan y comparten manejando unas provechosas **especificaciones de datos** que permiten la interoperabilidad entre todas las **aplicaciones** que necesita la organización usando una arquitectura tecnológica orientada a **servicios**. Estos componentes se diseñan utilizando los **estándares** del mercado, y todos estarán convenientemente catalogados con sus **metadatos** y asentados en los **registros**, lo cual facilita su localización y uso. Como los componentes siguen los preceptos tecnológicos de las infraestructuras de datos espaciales, un subconjunto de estos da forma a la **IDE** de la organización para difundir la información geográfica a los **usuarios externos** conservando la interoperabilidad interna. Este modelo lo representamos esquemáticamente en la figura 6-7.

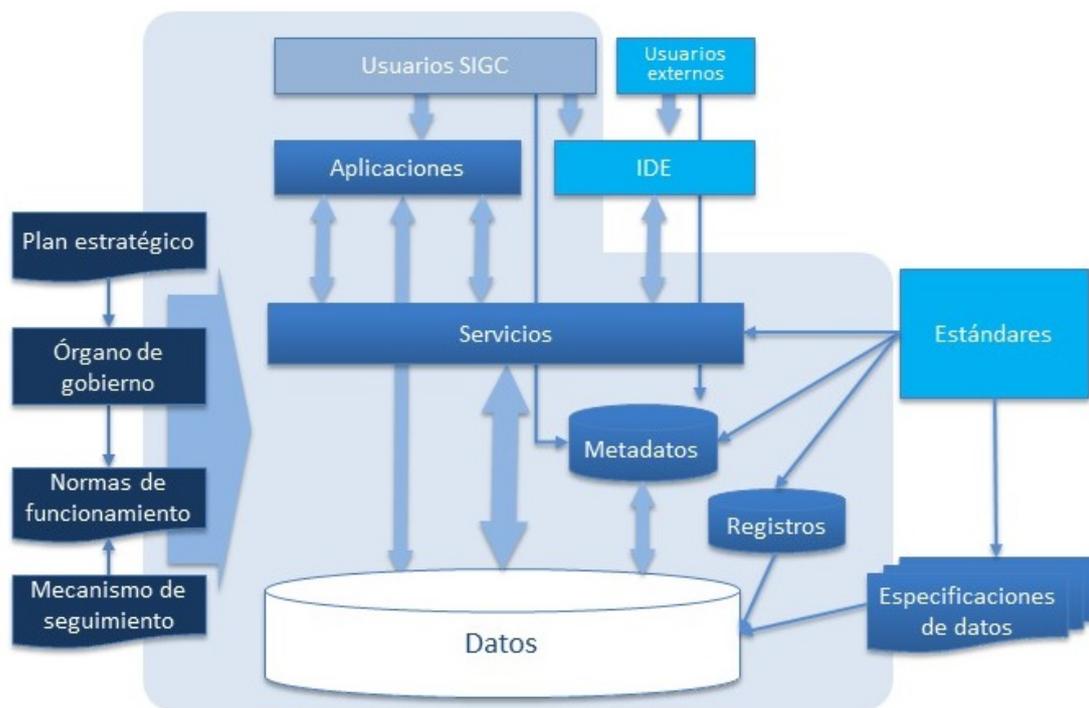


Figura 6-7 Esquema organizativo propuesto para el SIG corporativo (elaboración propia).

### 6.3.1.3 Gobierno del sistema

Este componente es un elemento clave para el funcionamiento del sistema. No sólo tiene incidencia en los aspectos organizativos, sino que tiene influencia en el resto de componentes del sistema. Existen numerosos modelos de gobernanza que pueden aplicarse con diferentes niveles de rigor, dependiendo de la complejidad de una organización y/o del número de unidades de negocio que requieren coordinación. En la revisión de las iniciativas del capítulo 3 hemos visto los siguientes ejemplos, que pueden ser modificados o combinados para satisfacer las necesidades específicas de la organización y sus miembros. Si bien no existe una "forma

única" para establecer una estructura de gobierno en un sistema; "no hay forma" de tener éxito sin contar con un elemento gobernante en el mismo (Information Sharing Environment, 2015).

Los modelos iniciales para el órgano de gobierno pueden ser:

- **Comisión de representantes:** formada por los miembros representantes de las unidades que intervienen en el sistema. El gobierno del sistema se realiza por este mismo órgano, y, a través de grupos de trabajo orientados en los diferentes aspectos del sistema, se dictan las directrices técnicas. Es la forma de gobernanza más utilizada en las infraestructuras de datos espaciales. No suele haber un departamento que destaque sobre los demás. En los casos estudiados aparece en Navarra, Victoria, Valonia, Alberta y Renania del Norte-Westphalia.
- **Comité ejecutivo:** se establece una estructura de comité directivo con funciones ejecutivas dentro de la organización con personal independiente de los departamentos. Realiza las labores de dirección y coordinación y, en muchos casos, tiene que rendir cuentas a un órgano superior (plenario), compuesto por representantes de las unidades participantes. Este comité puede estar acompañado con un comité técnico en el que sí participan las unidades de negocio. Lo propone el GIRA (Information Sharing Environment, 2015) en su arquitectura de referencia para los sistemas de información en los organismos gubernamentales de Estados Unidos. Es similar, también, al tipo de organización elegida por la región de Bretaña.
- **Organismo responsable:** un único organismo asume las labores de gobierno del sistema. Las unidades participantes aportan sus requerimientos y necesidades a través de grupos de trabajo temáticos o comisiones sectoriales. En la mayor parte de los casos, el departamento que asume este papel es el responsable de la producción cartográfica de referencia. Este es el caso de Nueva Zelanda a través del LINZ y, en parte, en Andalucía con el IECA. Aunque este último caso no está tan evidente, como comentamos en su análisis (apartado 3.4.8).

En los tres modelos que detallamos, nos encontramos siempre que las unidades de negocio participan en el gobierno de una manera u otra, pues es imprescindible para que el buen funcionamiento del sistema, tener de primera mano las necesidades e inquietudes que surgen en el desarrollo e implantación. En la figura 6-8, describimos esquemáticamente los tres modelos propuestos para el órgano de gobierno.

La elección de un modelo u otro normalmente va a depender de en qué manera cada gobierno configura sus órganos con competencias transversales. Otro aspecto que influye en la elección es la manera de dotar de presupuesto al SIG corporativo. Si el soporte económico recae en un departamento, está claro que la opción elegida será la tercera. Pero si el sistema está soportado por todos los departamentos, es más probable que sea elegido cualquiera de los dos primeros modelos.

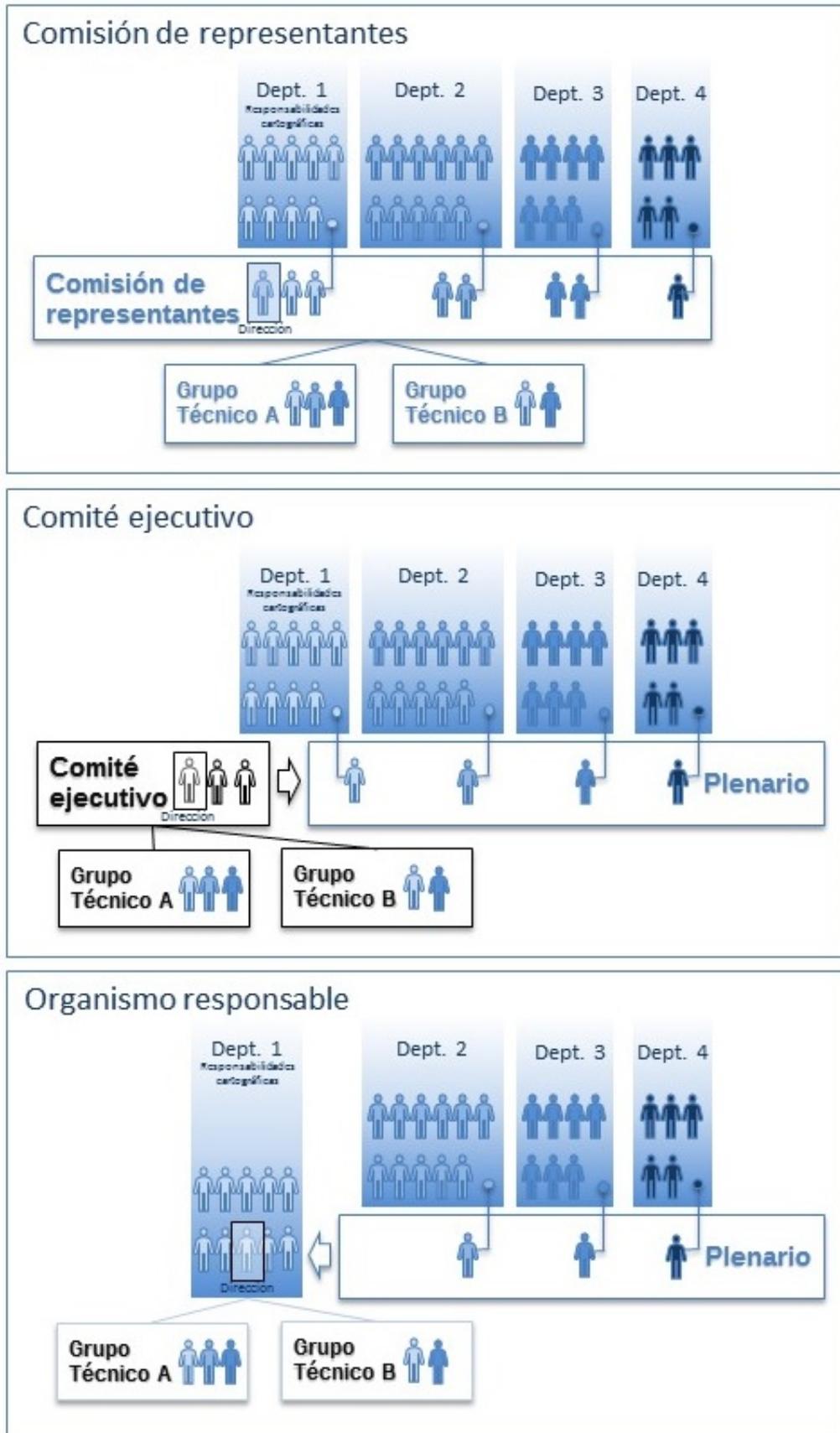


Figura 6-8 Formas de gobierno propuestas para el SIG corporativo (elaboración propia).

Sea cual sea el modelo elegido, este órgano de gobierno debe ejercer las siguientes funciones:

- Coordinar la actuación y promover la participación de los distintos actores en el SIGC.
- Proponer los programas de trabajo.
- Colaborar en la definición y actualización del plan estratégico o similar.
- Proponer las normas y estándares que aseguren la interoperabilidad de los conjuntos y los servicios de datos espaciales
- Definir y dirigir el acceso a la información.
- Realizar el seguimiento de los datos y servicios interoperables para asegurar que son utilizados al máximo nivel.
- Establecer sistemas de aseguramiento de la calidad sobre los datos y servicios.
- Analizar la conformidad con las normas técnicas que se establezcan.
- Garantizar la colaboración entre las autoridades públicas y con terceros productores de datos geográficos, para integrar sus datos utilizando métodos normalizados.
- Establecer criterios y sistemas de evaluación de la calidad.
- Dinamizar la actividad del SIGC que considere conveniente para difundir los datos y servicios.

#### 6.3.1.4 Marco normativo y responsabilidades

Las reglas que promueven la disponibilidad de datos espaciales pueden dividirse en tres categorías: leyes que proporcionan acceso, leyes que permiten la reutilización y leyes que organizan el intercambio de datos. La distinción entre estas tres categorías reside en el propósito de su uso (Janssen, 2008). Si una persona tiene la intención de obtener información para ejercer sus derechos u obligaciones, consideramos que se trata de un acceso. Cuando lo que se promueve es reutilizar los datos para varios propósitos, estamos hablando de un concepto más económico que político. Y si hablamos de intercambio de datos, nos estamos refiriendo a un proceso administrativo. En una organización, se deberían fomentar estos tres tipos de uso: el primero de cara al exterior y los dos siguientes para ser más eficientes en los trabajos internos.

#### Marco legal

El tipo de instrumento legal (ley, decreto, orden interna, etc.) es lo de menos; lo importante es que queden bien asignadas las responsabilidades de cada uno de los actores que participan en el SIG corporativo. Es preciso establecer las competencias, el régimen jurídico y la política de datos general a adoptar, en el ámbito de actuación de los organismos implicados. La redacción debe ser acorde con la legislación nacional e internacional que le corresponda, sobre todo en lo relativo a la difusión de datos al exterior de la organización. Los aspectos que debería fijar el marco legal para que el sistema de información corporativo garantice su funcionamiento son los siguientes:

- Descripción de la forma y funcionamiento del órgano de gobierno del sistema.
- Definición de los componentes del sistema.

- Determinación de los datos fundamentales o de referencia.
- Asignación de la competencia de cada uno de los conjuntos de datos espaciales.
- Establecimiento de la oficialidad de los datos.
- Determinación de los procesos de elaboración y uso de normas técnicas.
- Aseguramiento de la calidad en la información.
- Fijar los requisitos para el rendimiento del sistema.
- Precisar los métodos de seguimiento y evaluación del funcionamiento.

### **Conformidad con INSPIRE**

Si el sistema que estamos proponiendo fuera a implantarse en Europa, el marco legal a diseñar deberá estar en consonancia con la Directiva y su correspondiente transposición a la legislación nacional. El cumplimiento de los preceptos que marca INSPIRE también afecta directamente al diseño de la arquitectura en cuanto a que está soportará la difusión de la información hacia el exterior de la organización. Pero no sólo se tendrá en cuenta en este aspecto, sino que hay que tenerla presente en el diseño de todos los componentes que, aunque siendo internos, y cumpliendo las directrices de la Directiva, no será necesario duplicar nada cuando tengamos que enviar esa información y esos servicios hacia los usuarios externos.

### **Normas de funcionamiento**

Se trata de un documento que desarrolla y describe los procedimientos de funcionamiento del SIG corporativo ajustándose a los principios establecidos y al margo organizativo que lo define. Derivado del marco legal, está constituido por las directrices a seguir para la realización de los diferentes procesos que contempla el sistema.

Si tomamos como ejemplo las normas de ejecución de INSPIRE, divide el funcionamiento de la infraestructura en seis apartados. Cada uno dispone de un reglamento y unas guías de directrices técnicas:

1. Metadatos
2. Especificaciones de datos
3. Servicios de red
4. Servicios de datos espaciales
5. Intercambio de datos y servicios
6. Seguimiento e informes

Para un sistema corporativo con un tamaño mucho menor que un IDE, no haría falta un despliegue tan abundante de documentos, pero si sería necesario fijar en las normas de funcionamiento la forma de proceder con los siguientes procesos:

- Homogenización de los datos según las especificaciones.
- Elaboración de metadatos.
- Puesta en marcha de servicios.

- Contenido mínimo de las aplicaciones.
- Uso correcto de los registros.
- Acceso a los datos

### Acuerdos de participación en el sistema

Los acuerdos de intercambio de información entre departamento o unidades de negocio en un entorno corporativo es un elemento esencial, aunque a menudo se pasa por alto, en el acceso e intercambio de datos geoespaciales, en el uso compartido de aplicaciones y en la disponibilidad servicios (Arnulf Christl & WP5 partners, 2011). Si el marco legal no obliga expresamente a participar a todos los departamentos, el éxito del sistema va a depender de su capacidad para convencer a los responsables de los departamentos para que integren sus sistemas y datos en el SIG corporativo. Esto no es algo inusual, en los casos estudiados anteriormente, varias de las regiones contemplan el carácter voluntario de la participación (Bretaña o Andalucía) y otras no tiene determinado nada en este sentido (Victoria, Alberta o Nueva Zelanda).

Para los casos en los que la legislación no impone esa obligatoriedad, se utiliza un acuerdo de participación en el sistema como documento que determina los derechos y las obligaciones de los participantes. Cuando un departamento ha tomado la decisión de compartir información y servicios, el proveedor/consumidor debe negociar, acordar y documentar formalmente los servicios que se proveerán. Un buen ejemplo de este caso es la *Charte Partenariale GéoBretagne* (DREAL Bretagne, 2011).

#### 6.3.1.5 Plan estratégico

Este documento constituye un enfoque a largo plazo para la planificación y coordinación de la información geográfica, para asegurar que los datos espaciales continúen soportando las iniciativas del gobierno, reconociendo los avances sociales y tecnológicos cada vez más rápidos que están teniendo lugar en este campo (Canadian Council on Geomatics, 2010). El plan debe contener una visión general, unos principios rectores y unos objetivos estratégicos que proporcionen una orientación de cómo se tiene que afrontar la gestión de la información geográfica en los próximos años.

Como modelo para determinar los objetivos estratégicos, enumeramos los elegidos por Nueva Zelanda en su *New Zealand Geospatial Strategy* (Land Information New Zealand, 2007):

- Establecer la estructura de gobierno necesaria para optimizar los beneficios de los recursos geoespaciales del gobierno.
- Certificar la captura, conservación y mantenimiento de los conjuntos de datos geoespaciales fundamentales y establecer las pautas para los datos geoespaciales no fundamentales.
- Facilitar que la información y los servicios geoespaciales del gobierno puedan ser fácilmente descubiertos, evaluados y utilizados.

- Prever que los conjuntos de datos geoespaciales, servicios y sistemas, pertenecientes a los diferentes departamentos gubernamentales y gobiernos locales, puedan ser combinados y reutilizados para múltiples propósitos.

Además de determinar estos objetivos, el plan debe fijar un mecanismo de seguimiento de su cumplimiento. Con el fin de tener una base sólida para la toma de decisiones relacionadas con la implementación del SIG corporativo y de su evolución, es necesario realizar un seguimiento continuo de la ejecución del proyecto y realizar informes periódicos. El mecanismo de seguimiento tiene que cubrir los principales campos de actuación del sistema: organización, conjuntos de datos espaciales (CDE), servicios de red e intercambio de datos. El seguimiento es la recopilación de indicadores que miden el grado de implementación de cada uno de los componentes definidos en el modelo de SIG corporativo. Todos los departamentos implicados deben participar en la recogida de información sobre una serie de cuestiones relativas a la coordinación, funcionamiento del sistema y aseguramiento de la calidad de los servicios y aplicaciones, así como cuestiones relacionadas con su uso, los acuerdos alcanzados para su consecución, una evaluación de costes y beneficios, etc.

Obviamente, la definición adecuada de indicadores no es garantía de éxito, para ello se han de cumplir dos requisitos más. El primero de ellos se refiere a las fuentes de información, que deben ser seguras y fiables para la medición de los indicadores; el segundo a los responsables de proporcionar los datos que deben ser adecuadamente designados

Tanto el documento neozelandés como los elaborados en Navarra, Valonia, Victoria o Alberta, citados anteriormente, sirven de referencia para la elaboración de un buen documento que oriente las líneas de trabajo del SIG corporativo en los años venideros.

### 6.3.2 Aspectos relativos a la información

*“El Information Viewpoint se refiere a los tipos de información gestionados por el sistema y las restricciones sobre el uso e interpretación de esa información” (ISO 10746-1).*

En este apartado vamos a describir el sistema desde la perspectiva de los datos que gestiona. Gran parte de las recomendaciones sobre este aspecto ya has sido analizadas en el capítulo 5. Aquí haremos una síntesis de los aspectos más interesante para aplicar en los sistemas de información geográfica corporativos.

El objetivo principal en el diseño de un SIG corporativo en lo relativo a la información es facilitar datos precisos (información oportuna y actualizada), confiables (datos oficiales y seguros) y comunes (acordados entre todos sobre la fuente de información a elegir). Para conseguir que los datos tengan estas características, el sistema debe imponer unos requisitos en cuanto a especificaciones de datos, formatos, descripciones y licencias de uso. Además, se debe dotar de una serie de mecanismos que impidan entrar en el sistema a los datos que no cumplan esas exigencias.

En la *Geospatial Interoperability Reference Architecture* estadounidense (Information Sharing Environment, 2015) se explica de una manera muy gráfica cómo funcionan estos mecanismos

o elementos que acompañan a los datos. A través de lo que llaman “política de envoltorios”, describen como se debe compartir un dato en un sistema de información. Como podemos ver en la figura 6-9, el núcleo está compuesto por los **datos fundamentales**. Utilizando éstos como referencia, se hallan los **datos relativos a un departamento o de negocio**. Por encima de éstos encontramos los **metadatos** que describen los datos y las especificaciones de datos que funcionan como **mecanismos de intercambio**. Y finalmente, la capa superior está compuesta por los **derechos de uso y políticas de acceso**.



Figura 6-9 Representación gráfica de los “envoltorios” necesarios para compartir datos dentro de una organización (Information Sharing Environment, 2015).

### 6.3.2.1 Identificación de las fuentes de datos

No toda la información que alojara es sistema tiene la misma importancia y su utilización puede ser muy variada. En las primeras fases de la puesta en marcha de cualquier sistema, se debe hacer un análisis detallado de los datos disponibles, de los datos necesarios, de los flujos de información y de los procesos de captura y mantenimiento. Nos vamos a encontrar que cada tipo de información requiere un tratamiento algo diferente, por tanto, es necesario clasificarla para establecer las normas necesarias para una gestión diferenciada. Los cuatro grupos de conjuntos de datos espaciales que podemos diferenciar son:

- **CDE fundamentales:** está formado por los datos que sirven para gran parte de los trabajos y son necesarios para la georreferenciación de otro tipo de información. Son utilizados por muchos departamentos o unidades de negocio. Se describen más detalladamente en el siguiente apartado.
- **CDE de negocio:** es el conjunto de datos cuya responsabilidad recae en una única unidad de negocio. A veces pueden compartir objetos con otros CDE, pero se identifican claramente con un departamento determinado. Por ejemplo, los datos sobre rendimientos de cultivos, que son generados en el departamento de agricultura, que los utiliza para aplicar sus políticas. No son esenciales para los otros departamentos, aunque los pueden utilizar en caso necesario.
- **CDE externos:** son datos procedentes de fuentes externas a la organización y que se utilizan en el trabajo diario con los sistemas. Son utilizados en sustitución de CDE bien porque aún no están preparados en la organización o porque no se dispone de

competencias para su producción. Una muestra de estos datos en España lo constituye el CDE de parcelas catastrales. Es producido y mantenido por la Dirección General del Catastro, pero es necesario su uso en gobiernos regionales sin competencias catastrales. Son esenciales para la agricultura, el urbanismo y en muchos ámbitos más.

- CDE de trabajo:** vamos a denominar con este nombre a los datos que por sí solos no forman un conjunto de datos espaciales, pero que se generan en el sistema en el trabajo diario con la información geográfica. Pueden llegar a ser creados tras un análisis o una consulta a los CDE anteriores, y a veces es interesante guardarlos para no volver a repetir trabajos. Si un departamento crea un mapa de pendientes con unos intervalos de colores definidos por ellos. Les puede interesar compartirlo por si otro departamento no quiere volver a realizar el análisis. El dato original es el MDT que está en los CDE fundamentales, pero este dato es útil y debería guardarse y metadatarse.

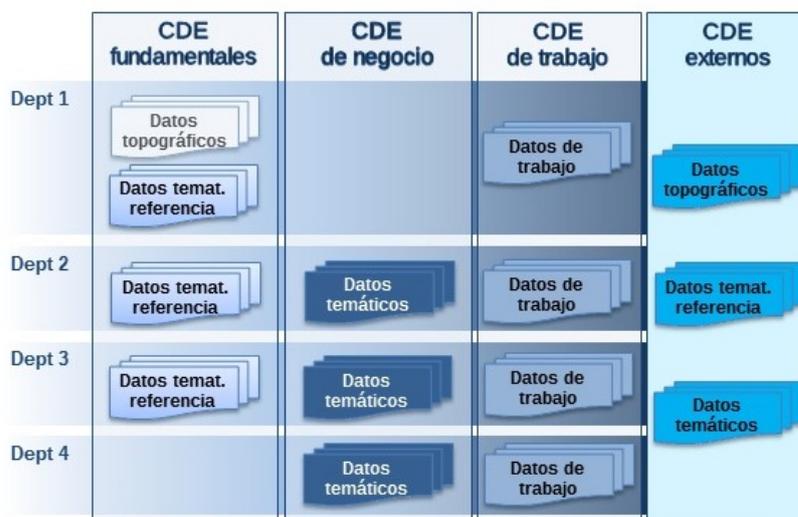


Figura 6-10 Responsabilidades sobre el mantenimiento de los diferentes tipos de información (elaboración propia).

Dentro de la organización, se debe adoptar un enfoque abierto para identificar y diferenciar los conjuntos de datos geoespaciales que pueden ser potencialmente fundamentales, de los que sólo se circunscriben a una unidad de negocio o de los sólo son de trabajo. En el proceso de identificación de las fuentes de datos se deben evaluar los datos, agruparlos en CDEs, tal y como hemos detallado en el apartado 5.1.1, y asignarles la unidad de negocio responsable de los mismos.

Un conjunto de datos no necesita necesariamente existir en ese momento, ni necesita estar en su estado ideal para ser evaluado. La evaluación del estado ideal de un conjunto de datos ayuda a justificar un programa de trabajo para los responsables con el fin de mejorar o crear ese conjunto de datos final. No importa que en la evaluación del estado actual de un conjunto de datos pueda resultar que es un CDE de baja calidad, sí hay que evitar que se evalúe erróneamente.

### 6.3.2.2 Conjuntos de datos fundamentales o de referencia

En el apartado 5.8 definimos la naturaleza de este tipo de información. Son los conjuntos de datos compuestos por la “información geográfica necesaria para que cualquier usuario y aplicación pueda referenciar sus datos. Proporcionan una localización precisa para la información, permite cruzar datos de distintas fuentes y sirve para interpretar datos situándolos en un ámbito geográfico” según se definen en el texto de la LISIGE (Gobierno de España, 2010). En el estudio de diferentes fuentes realizado en el capítulo anterior, hemos determinado los conjuntos de datos que han sido considerados en cuatro iniciativas importantes (INSPIRE, ANZLIC, Canadá y *SDI Cookbook*). Este resultado se puede establecer como una primera propuesta para considerar en nuestro SIG corporativo. Posteriormente y dependiendo de las propias necesidades de la organización en donde se vaya a implantar, se debería acometer un estudio para determinar esta lista de una manera definitiva. La propuesta consta de los temas listados en la tabla 6-2, donde aparecen en negrita aquellos temas que coinciden en los casos analizados.

<b>Sist. Coordenadas/Posicionamiento</b>
Sistema de cuadrículas geográficas
<b>Nombres geográficos</b>
<b>Unidades administrativas</b>
Direcciones
<b>Parcelas catastrales</b>
<b>Redes de transporte</b>
<b>Hidrografía</b>
Lugares protegidos/Parques naturales
Infraestructura energética
<b>Elevaciones</b>
Cubierta terrestre
Ortoimágenes
Geología
Limites censales/estadísticos
<b>Edificios</b>

Tabla 6-2 Listado de conjuntos de datos fundamentales elaborado en el apartado 5.8.

Los datos de referencia tienen por objeto reducir la duplicidad y mejorar la interoperabilidad de los conjuntos de datos. Dentro del SIG corporativo, deben formar un conjunto de datos continuos y totalmente integrados, que proporcionan información contextual y de referencia para el territorio. Una buena definición de estos temas es costosa pues hay dos dificultades a salvar: la continuidad y los objetos compartidos entre dos o más temas. Es una tarea para resolver con las especificaciones de datos.

Estos temas seleccionados como fundamentales los podemos dividir en tres bloques en función del tipo de información que manejan siguiendo la clasificación la IDE canadiense (GeoConnections, 2005) y la denominación utilizada en la LISIGE (Gobierno de España, 2010):

- **Equipamiento de referencia** (*Alignment layers*): son capas de información que incluyen los denominados controles geométricos necesarios para posicionar adecuadamente la información geoespacial. Por sí solas, estas capas no tienen representaciones de fenómenos físicos, económicos o sociales, pero estos datos son críticos para la fiabilidad y el uso de todas las demás capas. Pertenecen a este grupo los temas relativos a Sistemas de coordenadas/Posicionamiento, Sistema de cuadrículas geográficas, Nombres geográficos y Unidades administrativas. Estas dos últimas capas son propias de la legislación española.
- **Datos topográficos** (*Land Feature/Form layers*): se trata de capas que contienen características físicas naturales o artificiales bien definidas y fácilmente observables que no están sujetas a interpretación o especulación. Estas capas incluyen muchas de las mismas características que son visibles en mapas topográficos, tales como Redes de transporte, Hidrografía, Infraestructura energética, Ortoimágenes y Elevaciones. Aunque son útiles para algunas aplicaciones por sí mismas, también se utilizan para proporcionar información de referencia para capas temáticas.
- **Datos temáticos de referencia** (*Conceptual layers*): son los datos que la sociedad desarrolla y utiliza para describir y administrar el país. Estas capas complementan los mapas topográficos sin ceñirse a elementos que visualmente se pueden reconocer de forma inequívoca. A menudo se interpretan a partir de observaciones de factores físicos, económicos o sociales, Son las formadas por: Direcciones, Parcelas catastrales, Lugares protegidos/Parques naturales y Cubierta terrestre.

La inclusión de cualquier otra capa entre este último grupo a veces está sujeta a la disponibilidad a lo largo del territorio. Hay grandes discusiones cuando se trata de determinar estas capas de referencia y depende del territorio que gestiona el gobierno en cuestión para que incluya unas u otras. Por ejemplo, la información sobre infraestructura y recursos marinos es importante para países o regiones fuertemente volcados hacia el mar, Sin embargo, en zonas con riesgos geológicos (terremotos, volcanes, etc.). la capa de geología es, obviamente, fundamental. Para el *Land Information New Zealand* (2014) hay cinco características comunes de los conjuntos de datos geoespaciales fundamentales:

- **Uso/Reutilización:** son utilizados en combinación con otros datos, en aplicaciones y todo tipo de productos.
- **Prioridad de gobierno:** esenciales para el funcionamiento del gobierno, para la seguridad pública y contribuyen de manera especial al funcionamiento de la sociedad.
- **Cobertura:** debe cubrir todo el territorio gestionado por ese gobierno.
- **Significancia:** son esenciales para cumplir con regulaciones establecidas (ej: límites de parques naturales), para el mantenimiento de infraestructuras críticas o para la sostenibilidad ambiental.
- **Economía:** dan soporte a estrategias negocios importantes para el territorio y pueden ser accesibles por los ciudadanos.

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta con estos conjuntos de datos es que se debe identificar claramente a la unidad del sistema o departamento que realiza la producción y

mantenimiento de esta información. No se debería asignar esa labor a unidades con problemas, ya sean técnicos o económicos, para su mantenimiento y actualización. Este factor constituye un riesgo para el éxito del funcionamiento del sistema.

### 6.3.2.3 Especificaciones de datos

Hemos dedicado un capítulo del trabajo a estudiar la importancia de las especificaciones de datos en los sistemas que comparten información geográfica. Es un elemento imprescindible para mantener la interoperabilidad entre los sistemas departamentales incluidos en el SIG corporativo. Y como hemos deducido después de la revisión de este tema (apartado 5.6), las especificaciones de datos son necesarias para:

- Evitar la heterogeneidad de los datos y permitir a los usuarios entender mejor la información.
- Facilitar el intercambio de datos pues no es necesario transformar datos para integrarlos en otros sistemas.
- Permitir la continuidad de representación en zonas adyacentes al combinar fácilmente los datos de diferentes productores.
- Fomentar la reutilización de los datos, que es uno de los principios fundamentales del trabajo corporativo.
- Ordenar la producción y actualización de datos.

El proceso de elaborar especificaciones de datos es costoso, ya que el equipo modelador debe transformar los objetos del mundo real en elementos de una base de datos. En ese proceso se tiene que pensar en el uso de los datos y su coste de producción. De nada nos vale tener una especificación muy buena si no se puede poner en práctica debido al precio que costaría capturar o adaptar la información a ese modelo.

Para respaldar los requisitos de interoperabilidad establecidos, las especificaciones de datos deberán ser el resultado de un proceso de armonización basado en los conjuntos de datos existentes (INSPIRE Drafting Teams, 2007). En los trabajos de implementación de la Directiva INSPIRE, se identificaron varios aspectos individuales, llamados componentes de armonización de datos, que deben abordarse en este proceso de creación de especificaciones:

- Principios: figuran en el apartado 6.1.5 se consideran una base general para desarrollar las necesidades de armonización de datos.
- Terminología: se debe utilizar un lenguaje coherente, gestionado en un glosario.
- Modelo de referencia: se requiere un marco común para los acuerdos técnicos en las especificaciones de datos para lograr una estructura consistente a través de los temas individuales.
- Sistema de referencia de coordenadas y unidades de medida: deben estar perfectamente determinados los sistemas de referencia espacial y temporal, así como unidades de medida, incluidos los parámetros de transformaciones y conversiones.
- Modelo de representación: en determinados casos, se pueden fijar de reglas de representación de acuerdo con una especificación de datos.

- Registros: almacena y registra los elementos como listas de códigos, esquemas de aplicación, glosarios, sistemas de referencia, catálogos de objetos, etc.
- Metadatos: para documentar los datos y servicios.
- Mantenimiento: establecimiento de directrices para el mantenimiento de conjuntos de datos espaciales.
- Calidad de datos: redacción de directrices para publicar la calidad de la información.

Estos componentes de armonización deberían quedar plasmados en un documento genérico que sirviera como base al trabajo de elaboración de especificaciones. En un siguiente estadio, cada documento de especificaciones, separado por temas (ej. hidrografía, coberturas del suelo, etc.) o productos (ej. base topográfica urbana), debería contener las secciones que cubren los siguientes aspectos de la información geográfica, según la norma ISO 19131 (ISO/TC 211, 2011b):

- Generalidades.
- Alcance de la especificación.
- Identificación del producto de datos.
- Contenido y estructura de los datos.
- Sistemas de referencia utilizados y permitidos.
- Calidad de datos.
- Metadatos.

Y para completar el documento, se pueden añadir otras secciones que detallan otros contenidos que no son imprescindibles:

- Procesos de captura de datos.
- Mantenimiento de datos.
- Representación gráfica.
- Información adicional.

Para finalizar, indicar que, tal y como se recoge en el apartado 5.7, un proceso de elaboración de especificaciones de datos se debe sustentar en una serie de documentos técnicos que tiene que contemplar los siguientes elementos:

- Un modelo genérico conceptual.
- Una definición de los temas que agrupan la información y su alcance.
- Una metodología para el desarrollo de especificaciones de datos.
- Unas directrices para la codificación de datos espaciales.
- Unos modelos de datos comunes.

Una vez tengamos estos elementos con más o menos detalle, procederemos a elaborar las especificaciones por cada dominio de datos o tema con una descripción detallada de los objetos que los componen.

#### 6.3.2.4 Calidad de los datos

La definición de calidad según la norma ISO 9001<sup>49</sup> es el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. La calidad tiene aspectos cualitativos o descriptivos, lo que la norma denomina información no cuantitativa, y aspectos cuantitativos que se concretan en elementos de la calidad (Ariza López & Rodríguez Pascual, 2008).

Cuando trabajamos con datos, sabemos que vamos a encontrar errores, y éstos pueden ser desde totalmente irrelevantes para el desarrollo de un proceso de análisis hasta de tal magnitud que desvirtúen por completo los resultados de dicho análisis. Es importante no sólo contar con datos de calidad en los que estos errores sean mínimos, sino también detectar el tipo de error encontrado en nuestros datos y la magnitud del mismo (Olaya, 2014). Debemos manejar estos errores en los procesos que realizamos y saber cómo influyen en los resultados obtenidos.

En este sentido, es necesario definir el modelo de calidad de los productos, que está constituido por el conjunto de especificaciones relativas al ciclo de vida del producto y que son relevantes para la calidad presente y futura. El propósito de este modelo de calidad para la información geográfica es establecer un enfoque estándar para evaluar y reportar la calidad de los datos. El modelo ayuda a los productores de datos espaciales a armonizar su evaluación de la calidad de los datos y la presentación de informes de los temas. Por otra parte, este modelo proporciona medios concretos a los usuarios de datos para evaluar la interoperabilidad de los datos de varios productores de datos. La idea principal en el desarrollo del modelo de calidad es proporcionar una guía que sea fácilmente comprensible y utilizable tanto por los productores de datos espaciales como por los usuarios.

La norma ISO 19157<sup>50</sup> establece los principios de calidad en los datos geográficos y determina los siguientes aspectos:

- Los componentes para describir la calidad de los datos que deben ser incluidos en las especificaciones de producto de datos.
- Los componentes y estructura del contenido de un registro de medidas de la calidad de los datos.
- Los procedimientos generales para evaluar la calidad de los datos geográficos.
- Los principios para informar sobre la calidad de los datos.

En resumen, para poder asegurar la calidad en los datos que se gestionan en el SIG corporativo, deberíamos:

- Incorporar los elementos que describen la calidad en las especificaciones de datos,
- Asegurarnos de que todos los productores de información utilizan los mismos requisitos de calidad.
- Informar sobre la calidad en los metadatos de cada producto.
- Diseñar procesos automatizados de control de calidad integrados en el flujo de trabajo con los datos.

---

<sup>49</sup> <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>

<sup>50</sup> <https://www.iso.org/standard/32575.html>

### 6.3.2.5 Mantenimiento de los datos

El mantenimiento de los datos y la gestión del ciclo de vida son uno de los requisitos fundamentales para una gestión eficiente de datos geográficos. Las diferentes políticas de adquisición de datos, los ciclos de mantenimiento heterogéneos y, en general, las diversas metodologías de producción de datos, requieren que el diseño del SIG corporativo se base en un modelo distribuido con una buena definición de especificaciones de producto de datos.

En un entorno corporativo, en donde se está cruzando información entre los departamentos, se trabaja muchas veces con conjuntos de datos espaciales no consolidados. Es decir, se están alterando objetos geográficos mientras se consultan o se combinan con otros. Se puede estar haciendo modificaciones en parcelas, mientras se determina la clasificación de suelo o se proyecta un camino que las atraviesa. Para trabajar con seguridad y mantener la calidad y precisión de los elementos, se deben establecer unos mecanismos que aseguren la coherencia entre objetos geográficos.

A continuación, enumeramos una serie de recomendaciones basadas en el Modelo Genérico Conceptual de INSPIRE (INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 2013) para que los trabajos de mantenimiento y actualización de la información se realicen de una manera correcta siguiendo las especificaciones de datos:

#### **Información sobre el ciclo de vida de un objeto**

Cuando un objeto geográfico cambia de forma o de atributos, pero lo seguimos considerando el mismo objeto, necesitamos dotar a ese objeto de un atributo que nos indique esta variación. Es una característica que se aplicará a los objetos pertenecientes a esos conjuntos de datos que necesitan almacenar un histórico de su estado en el tiempo. Esta característica se lleva aplicando desde hace tiempo en los datos catastrales. Las parcelas pueden unirse, dividirse o modificar su geometría o la propiedad. Para conocer cómo era una parcela en una fecha determinada, el modelo de datos de parcelas catastrales dispone de unos atributos que guardan la fecha en la que se hizo la modificación correspondiente. En ese momento se duplica el elemento con los nuevos atributos o geometría, pero con la misma identificación de parcela. De esta forma, si consultamos esa parcela en una fecha determinada, el sistema nos devolverá la geometría y atributos que tenía en esos momentos.

Ésta es una información muy importante en determinados conjuntos de datos y, por lo tanto, el diseño del sistema debe contemplar esa posibilidad. En las especificaciones de datos se debe contemplar la inclusión de esos atributos, pero también debe tenerse presente en el diseño de los servicios y las aplicaciones que usan esos datos. Por tanto, es algo que se debe observar en el modelo conceptual que rige la elaboración de especificaciones y servicios.

Es importante señalar que esta información temporal puede ser relevante dependiendo de los requisitos de las aplicaciones que utilizan los datos (y la disponibilidad de la información requerida), por ejemplo, en Modelo Genérico Conceptual de INSPIRE (INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 2013) se contemplan los siguientes:

- Tiempo de transacción (fecha en la que se insertó la versión del objeto en la base de datos).
- Tiempo válido (fecha en la que la versión del objeto se hizo válida en el mundo real).
- Tiempo de publicación (momento en que se publicó la versión objeto).
- Tiempo de verificación (tiempo en que se verificó la versión del objeto).

### Identificadores únicos

Es un elemento que sirve para tener identificados todos los objetos geográficos con un código único y, a ser posible, también para identificar al proveedor de esos datos. Los cuatro requisitos que deben poseer estos identificadores de objeto único son:

- Singularidad: no puede haber dos objetos espaciales que tengan el mismo identificador de objeto, es decir, el identificador debe ser único dentro de todos los objetos espaciales compartidos en el SIG corporativo. Las diferentes versiones o copias del mismo objeto espacial tendrán el mismo identificador. Nunca se reutilizarán identificadores.
- Persistencia: el identificador debe permanecer sin cambios durante el tiempo de vida de un objeto espacial.
- Trazabilidad: el identificador tiene que proporcionar suficiente información sobre el origen del objeto espacial.
- Viabilidad: el sistema debe estar diseñado para permitir que se pueden asignar identificadores en los procesos de captura de información o de transformación de datos.

### Geometría de objetos compartida



Figura 6-11 Ejemplo de geometrías compartidas entre objetos de diferentes temáticas.

Éste es un caso muy común que se plantea cuando tenemos dos o más objetos con geometría idéntica o referenciada una sobre la otra, mantenidos por diferentes productores y que siguen distintas especificaciones de datos. Por ejemplo, una parcela puede compartir la geometría de su borde con la vía pública que transcurre junto a ella. Al mismo tiempo, al realizar una

clasificación de suelo urbano (uso del suelo), el planificador se apoya en los límites de parcela para delimitar ese suelo. También podemos encontrar una edificación que tenga uno de sus bordes tocando otro límite de esa parcela. En definitiva, varios elementos son mantenidos por diferentes departamentos (catastro, urbanismo y base topográfica) y comparten geometrías.

Este asunto es uno de los problemas que surge cuando hay una producción de datos compartida. Para resolverlo, es necesario hacer un buen trabajo de especificaciones, y que éstas contemplen las relaciones entre objetos de diferentes temáticas, que asignen preferencia a las distintas geometrías y determinen claramente las metodologías de producción. También hay que tener especial cuidado en la selección de las aplicaciones que se utilizan para editar la información.

### **Representación múltiple**

Las entidades del mundo real se describen desde múltiples puntos de vista, con múltiples niveles de detalle. Estos mismos datos se dirigen a múltiples usuarios en múltiples productos adaptados según sus necesidades. Sin embargo, "múltiple" no significa que tengamos que producir y procesar muchas veces un dato. Necesitamos que la producción sea eficiente y los datos consistentes y armonizados. El objetivo del SIG corporativo es suministrar datos a través de servicios interoperables basados, cuando proceda, en datos armonizados (Tóth, 2007). En INSPIRE se reconoce el concepto "múltiple" de la información geográfica proponiendo la "representación múltiple" y la "consistencia de datos" como elementos de armonización para los componentes de datos.

Este concepto se refiere a la representación de la relación entre los objetos espaciales homólogos y se trata de una práctica habitual cuando se trabaja con tecnologías que manejan la información geográfica. El cambio de paradigma que ha sustituido la producción tradicional de mapas por la gestión de la información, ha obligado a los productores de datos a adoptar nuevas líneas de producción, reemplazando el uso de datos individualizados para hacer un producto por la utilización de datos preparados para múltiples usos. No obstante, continúan existiendo las colecciones paralelas de datos, lo que crea inevitablemente el riesgo de que la coherencia entre diferentes representaciones no esté siempre garantizada. Por consiguiente, el diseño de los procesos de manejo de la información en el SIG corporativo tiene que abordar estas cuestiones en sus fases iniciales.

#### **6.3.2.6 Metadatos**

Como ya hemos visto a lo largo del trabajo, este componente es fundamental cuando estamos usando grandes volúmenes de información. En el apartado 5.9 hemos realizado un repaso de su importancia y ahora simplemente queremos hacerlo constar en el diseño del SIG corporativo desde este Punto de Vista de la Información. Es importante hacer notar que, para que su utilización se extienda entre todos los usuarios del sistema, se debe trabajar en el aspecto de la usabilidad.

Los diferentes estándares de metadatos, tanto para información geográfica (ISO 19115, CSDGM, NZGMS, etc.) como para otro tipo de datos (Dublin Core) son complejos de elaborar

y consultar. Son especificaciones muy completas ya que, para asegurar la interoperabilidad entre sistemas, es necesario considerar muchos aspectos. A veces, para consultar un catálogo de metadatos se necesita ser un experto y eso provoca que los usuarios por lo general no consulten los metadatos estandarizados.

Para mejorar la comprensión y facilitar su consulta, es necesario contemplar varios niveles de abstracción sobre un mismo registro de metadatos de forma que permita tener la información que demanda el estándar, la que utiliza el usuario para consultar y la que necesitan las aplicaciones para conectar los componentes de software. En el diseño de la arquitectura del proyecto *Eurogeographics* (Arnulf Christl & WP5 partners, 2011) se proponen tres categorías o niveles:

- Metadatos tipo INSPIRE, en XML, preparados para múltiples propósitos. Son la base para los siguientes niveles de abstracción.
- Metadatos máquina: que es un subconjunto del nivel anterior, que va a usar los componentes de software sin intervención humana. En base a etiquetas, sobre dominios cerrados o listas controladas, los servicios y las aplicaciones buscan e identifican los diferentes tipos de datos.
- Metadatos humanos: es el subconjunto de elementos de metadatos que son leíbles fácilmente por los usuarios sin necesidad de conocimientos sobre la especificación. Suelen estar formados por el nombre del conjunto de datos, la fecha de actualización, su procedencia (linaje) y el recurso para acceder a los datos. Por lo general, las aplicaciones de catálogo, cuando ofrecen un resumen del metadato, muestran estos datos al usuario.

Además de la usabilidad, otra característica que deben contemplar los metadatos en un sistema corporativo es la diferenciación entre metadatos que van a ser consultados desde el exterior a la organización, y los metadatos internos. Entre estos últimos están los descriptores de datos que no son publicables, bien sea porque no están consolidados o bien porque son reservados o estratégicos, y no sea preceptiva su publicación. Ambos tipos de metadatos pueden compartir el mismo catálogo, pero las aplicaciones y servicios de consulta, deben poder discernir entre los metadatos internos y externos.

### 6.3.3 Configuración informática del sistema

*"El Computational Viewpoint se refiere a la descomposición funcional del sistema en un conjunto de objetos que interactúan en las interfaces, permitiendo la distribución del sistema" (ISO 10746-1)*

Aquí se va a describir el SIG corporativo desde una perspectiva informática. En algunos trabajos (Arnulf Christl & WP5 partners, 2011; Information Sharing Environment, 2015) utilizan la denominación **Punto de vista de servicios o de aplicaciones**. Y es que, para un sistema de este tipo, eso es lo que vamos a sintetizar a continuación: los servicios, las aplicaciones e interfaces, las operaciones y los requerimientos del sistema (funcionales y no funcionales).

En la primera parte del capítulo (apartado 6.1.9) hemos descrito los diferentes patrones para el flujo de información en un SIG corporativo. Como hemos analizado, hay varias opciones a

elegir para el acceso a los datos que almacena el sistema. En función de donde se quieran emplear los recursos, se puede elegir entre las tres propuestas mejor formadas (Modelos Agregado, Negociado y Federado), puesto que el primer supuesto, denominado Anárquico, como su nombre indica, no es la elección óptima para el sistema que estamos describiendo; y la segunda propuesta, el sistema Centralizado, tampoco se adapta a la forma de trabajar que consideramos idónea en un entorno corporativo con las premisas iniciales que hemos marcado. No pretendemos que el sistema centralice todos los datos y esto es lo que ocurre en estos dos patrones. El modelo Centralizado, aglutina todos los datos y los sirve después formando un resultado homogéneo. Y el modelo Anárquico, hace el trabajo de centralización al recibir los datos antes de formar el resultado. El patrón ideal al que se quiere llegar es el Federado, pero éste requiere que todos los departamentos dispongan de medios para compartir sus datos. Los modelos Agregado y Negociado, son pasos intermedios hacia el modelo idóneo.

En nuestro modelo de SIG corporativo, las unidades de negocio o departamentos deben mantener sus sistemas y aplicaciones para conservar su operatividad. Sus SIG existentes sólo deben adaptarse al funcionamiento corporativo, pero no desaparecen. En departamentos sin SIG en el momento de la implantación y con gestión de datos propios, se debería proceder al establecimiento de un nuevo sistema siguiendo las directrices de esta arquitectura. Otros departamentos que no produzcan datos en su gestión diaria, simplemente con las nuevas aplicaciones del SIG corporativo, podrán funcionar aplicando las ventajas del uso de datos referenciados.

Después de describir el sistema desde los puntos vista organizativo y de la información, pasamos a detallarlo desde una perspectiva informática. Para ello tenemos que recurrir al concepto de “arquitectura tecnológica” que comentábamos en el capítulo 4, la visión de la arquitectura de sistemas. En esa parte del trabajo, repasando la tecnología presente en las infraestructuras de datos espaciales, vimos que es imprescindible seguir las directrices marcadas por la familia de normas 19100 y las especificaciones del OGC para asegurar la interoperabilidad de nuestro sistema con el resto de plataformas que se implantan en todo el planeta. De nada nos valdría tener un sistema que fuera interoperable internamente, entre los sistemas departamentales, si luego no se puede conectar con el exterior. Todas las recomendaciones (Information Sharing Environment, 2015; Klopfer, 2005; Nebert, 2004; Open Geospatial Consortium, 2008; Smits et al., 2002) apuntan a utilizar la arquitectura de sistemas distribuidos marcada por ISO y OGC, basada en servicios de información geográfica a través de la red.

### 6.3.3.1 Arquitectura orientada a servicios

En el apartado 4.4.3 ya hemos realizado una descripción de este tipo de arquitectura de sistemas. Está basada en la utilización de servicios que permiten conectar la aplicación del usuario con los datos de distintos servidores, cualquiera que sea su ubicación. Los servicios web proporcionan un medio estandarizado para interoperar entre diferentes aplicaciones de software, que se ejecutan en una variedad de plataformas y/o entornos de trabajo (Booth et al., 2005).

En la descripción de esta arquitectura no se especifica cómo se deben implementar los servicios, ni imponer restricciones sobre cómo se pueden combinar; simplemente se detallan las

características mínimas comunes a todos los servicios web y una serie de particularidades que son necesarias para muchos de los casos. La versión de esta arquitectura para servicios de información geográfica está especificada en la norma ISO 19119 (ISO/TC 211, 2016b) y se desarrolló para lograr los siguientes objetivos:

- Proveer de un entorno de trabajo abstracto que permita el desarrollo coordinado de servicios específicos.
- Disponer de servicios de datos interoperables a través de la normalización de interfaces.
- Soportar el desarrollo de catálogos de servicios a través de la definición de metadatos de servicio.
- Admitir la separación de instancias de datos e instancias de servicio.
- Permitir el uso de un servicio de un proveedor y los datos de otro proveedor.
- Definir un entorno de trabajo abstracto que pueda ser implementado de múltiples formas.

Esta norma describe el servicio como la parte distinguible de la funcionalidad que una entidad proporciona a través de sus interfaces. Entendiendo que una interfaz es el conjunto de operaciones con su denominación que caracterizan el comportamiento de una entidad. Por ejemplo, si disponemos de un servicio de visualización estándar, podemos tener una interfaz WMS con sus operaciones *GetCapabilities* (pide el fichero de capacidades del servicio) o *GetMap* (solicita un mapa al servicio) o con su interfaz para INSPIRE que tiene otras operaciones añadidas como *LinkViewService* (da acceso a los recursos del servicio).

La definición de servicios incluye un conjunto de aplicaciones con diferentes niveles de funcionalidad para el acceso y uso de la información geográfica. Los sistemas de información geográfica y los desarrolladores de aplicaciones deben usar estas normas para suministrar servicios generales y especializados que puedan ser usados para todo tipo de información geográfica (ISO/TC 211, 2016b). Estas normas, tanto de ISO como de OGC, definen una gran cantidad de tipos de servicios y para clasificarlos toman una taxonomía que, aunque no es la única, si es la que se usa en la familia de normas ISO para la información geográfica.

### 6.3.3.2 Taxonomía de servicios geográficos

El *Open Geospatial Consortium* en su especificación sobre arquitectura de servicios<sup>51</sup> también utiliza la norma ISO 19101 para definir seis clases de tecnologías de servicios de información como base para categorizar los servicios geográficos. Es una taxonomía de servicios basada en el tipo semántico de computación que proporcionan los servicios. La semántica de un servicio web es la expectativa que comparten el cliente y el servidor sobre cómo se va a comportar el servicio, en particular, los mensajes que se envían (Booth et al., 2005). Al solicitar o llamar a un servicio web, el solicitante y el proveedor del servicio establecen una relación que tiene un propósito y unas consecuencias. Esta relación puede ser explícita o implícita, oral o escrita, procesable en

---

<sup>51</sup> Service Architecture Abstract Specification: [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=1221](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=1221)

máquina u orientada al ser humano, y podría llegar a ser incluso un acuerdo legal o un acuerdo informal.

En función de esta semántica, la norma ISO 19119 y el OGC, en concordancia con la ISO 19101 clasifica los servicios de la siguiente forma:

- Servicios de interacción humana: para la gestión de interfaces de usuario, gráficos, multimedia y para la presentación de documentos compuestos.
- Servicios de gestión de modelos/información: para la gestión del desarrollo, manipulación y almacenamiento de metadatos, esquemas conceptuales y conjuntos de datos.
- Servicios de flujo de trabajo/tareas: para el soporte de tareas específicas o actividades relacionadas con el trabajo realizadas por seres humanos. Estos servicios soportan el uso de recursos y el desarrollo de productos involucrados en una secuencia, o actividades o pasos que pueden ser llevados a cabo por diferentes personas.
- Servicios de procesamiento: realizar cálculos a gran escala que involucran sustanciales cantidades de datos. Un servicio de procesamiento no incluye capacidades para proporcionar almacenamiento permanente de datos o transferencia de datos a través de redes.
- Servicios de comunicación: para la codificación y transferencia de datos a través de redes de comunicaciones.
- Servicios de administración del sistema: para la administración de componentes del sistema, aplicaciones y redes. Estos servicios también incluyen la gestión de cuentas de usuario y privilegios de acceso de usuario.

En el apéndice II de este documento, se muestran las tablas con la relación de todos los servicios definidos para cada uno de estos grupos. Los sistemas que cumplan con esta norma internacional deben usar la taxonomía de servicios geográficos para organizar sus servicios. Un determinado servicio debe ser clasificado en una y sólo una categoría, a no ser que sea un servicio agregado o encadenado que puede realizar servicios de más de una categoría. No se precisa que un sistema proporcione todos los servicios listados en estos apartados, pero sí se requiere que, si un sistema proporciona un servicio nombrado en estos apartados, el servicio sea clasificado como se detalla. Un catálogo de servicios que cumpla esta norma internacional debe clasificar las instancias de metadatos de servicio en las categorías de la clasificación de servicios geográficos.

Los documentos normativos, cuando hablan de servicios, también incluyen aplicaciones de usuario. Por tanto, al utilizar esta taxonomía para encajar cada uno de los componentes del SIG corporativo, tenemos que tener en cuenta que en esos seis grupos podemos incluir los elementos tecnológicos que vamos a desarrollar para que cada uno de los SIG departamentales funcionen como si fuera un único sistema gracias a la interoperabilidad que aportan estos componentes. Esta taxonomía se organiza en categorías, divididas en subcategorías que definen el dominio de valores de la clasificación de los servicios de datos espaciales.

En las diferentes iniciativas estudiadas a lo largo del trabajo, se han encontrado muy pocos servicios que se puedan encuadrar dentro de estas categorías. Los más utilizados son los servicios de visualización, manejo de objetos geográficos o los clientes para realizar estas operaciones. La interoperabilidad de los sistemas sólo se ha buscado en la visualización. Sería interesante profundizar más en los otros servicios para que los sistemas departamentales que, entran a trabajar en un SIG corporativo o en una IDE, puedan intercambiar información y procesos sin necesidad de adaptación y, por tanto, reducir los costes de implantación.

### 6.3.3.3 Encadenamiento de servicios

Los servicios están diseñados para hacer una tarea determinada. Disponen de operaciones para interactuar con él en las distintas fases del desarrollo de una tarea. Por ejemplo, en un servicio de visualización de mapas WMS, cuando queremos dibujar un mapa, primero utilizamos la operación *GetCapabilities* para saber qué capas de información nos ofrece el servicio, luego usamos *GetMap* para solicitar el mapa y finalmente, podemos pedir información sobre los atributos de un elemento con *GetFeatureInfo*. Una implementación de un servicio puede estar asociada a un conjunto de datos específicos o puede ser un servicio susceptible para operar con múltiples conjuntos de datos no especificados. El primer caso es conocido como un servicio fuertemente acoplado, mientras que el segundo caso se conoce como un servicio débilmente acoplado.

La mayoría de las veces que interactuamos con un SIG, queremos hacer tareas más complejas. Para determinar la forma de realizar estas tareas a partir de servicios se usa el concepto de encadenamiento de servicios, que define un modelo para combinar servicios en serie con el fin de ejecutar tareas más complicadas. El encadenamiento de servicios es consecuencia de la agregación de servicios tal como se define en estos tres patrones de la norma ISO 19119, que varían la asignación de la función de quien ejerce el control de la operación:

- Encadenamiento definido por el usuario (transparente): la persona gestiona el flujo de trabajo y tiene el control del proceso.
- Encadenamiento de flujo de trabajo gestionado (translúcido): en el que la persona invoca un servicio de gestión de un flujo de trabajo que controla la cadena y el usuario es consciente de la existencia de servicios individuales.
- Servicios agregados (opaco): en el que el usuario demanda un servicio que lleva a cabo una cadena de servicios, de ese modo el usuario no es consciente de la existencia de servicios individuales.

El funcionamiento de una cadena de servicios es sencillo, y aunque no nos demos cuenta, es lo que normalmente hacemos cuando trabajamos con un programa de SIG. Explicamos el proceso apoyándonos en la figura 6-12. Primero con una aplicación cliente de catálogo de metadatos enviamos una petición de búsqueda (1) de un determinado dato (o conjunto de datos). El cliente nos proporciona una búsqueda con los metadatos asociados. En el resultado (2) vienen los servicios asociados para acceder a esos datos (WMS, WFS, WCS, etc.). El usuario solicita (3) uno de los servicios con un cliente adecuado y el servicio crea un resultado que está disponible para ser usado por el siguiente servicio. Invoca a un segundo servicio (4a), y la petición (4b)

incluye una referencia al resultado del paso anterior. El servicio crea un resultado que está disponible para el próximo servicio. El usuario puede volver a llamar a otro servicio (5a). La petición incluye referencias a los resultados de los servicios previos (5b y 5 c). Este tercer servicio devuelve el resultado final al cliente con los productos o procesos realizados con el encadenamiento de todos los servicios.

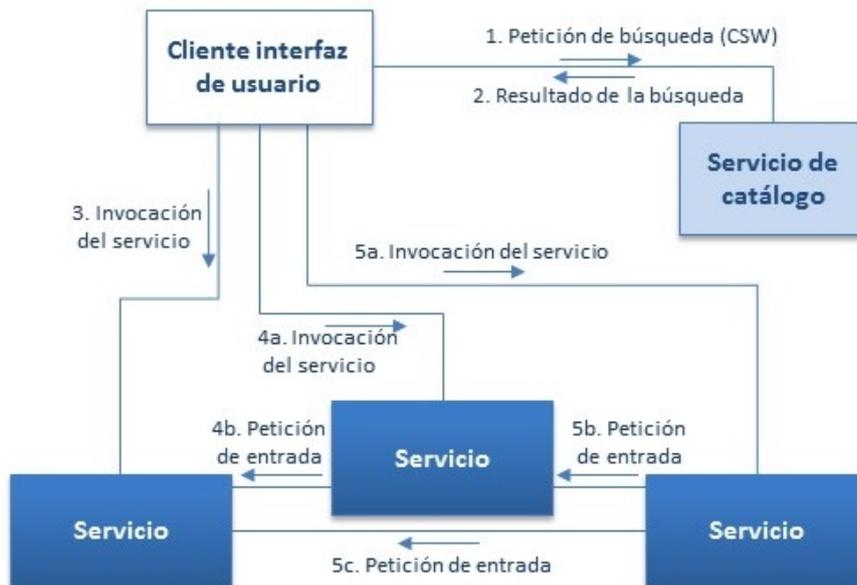


Figura 6-12 Encadenamiento transparente de servicios según la norma ISO 19119.

El ejemplo anterior es una secuencia de encadenamiento “transparente”. Si el proceso lo definimos en un diagrama de flujo de trabajo y usamos un servicio de este tipo para ejecutar la serie de servicios, estamos en un encadenamiento “translucido”. Cuando todo este proceso se incrusta en una aplicación informática, que usa la misma secuencia sin haberla ejecutado o programado el usuario, nos encontramos en una situación de encadenamiento “opaco”.

Esta norma internacional permite a los usuarios combinar datos y servicios de formas no predefinidas por los proveedores de datos y servicios. Este nivel de interoperabilidad de datos y servicios se conseguirá por etapas. Primero hay que cuidar la elaboración de los catálogos de datos y servicios, pues ya hemos visto que el encadenamiento se basa en la calidad de los datos almacenados en ellos. Estos catálogos de servicios mantendrán entradas con fuertes conexiones entre datos y servicios. Después, el sistema debe poner los medios para que el usuario determine qué datos pueden ser usados a través de un servicio, que en este caso será débilmente acoplado.

### 6.3.3.4 Catálogo de servicios

Los registros de metadatos de servicio pueden ser gestionados y localizados usando un servicio de catálogo como se hace para los metadatos de los conjuntos de datos. Sólo se requiere un esquema que describa correctamente los servicios que van a ser utilizados, tal y como se explicaba en el apartado anterior.

En una arquitectura de servicios Web, el registro de servicios sirve como vínculo clave entre el proveedor de datos y el usuario. Una vez que un proveedor ha publicado metadatos sobre su oferta al catálogo, un usuario puede verificar con el registro, antes de conectarse con el proveedor. Además, cuando se producen cambios en la oferta de servicios del proveedor, el catálogo puede redirigir al consumidor a una nueva ubicación o presentar servicios alternativos de proveedores similares (GeoConnections, 2005).

### 6.3.3.5 Registro

Como complemento a los catálogos de datos y servicios, un SIG corporativo diseñado con las características de modularidad e interoperabilidad mencionadas en sus principios de funcionamiento, necesita un componente que actúe como un registro único de determinados elementos. El trabajo con este SIG obliga a utilizar un número de elementos que requieren descripciones claras y la posibilidad de ser referenciados a través de identificadores únicos. Como ejemplos de tales elementos se pueden nombrar las listas de códigos, las especificaciones de datos, los esquemas de aplicación o los servicios de localización. Los registros proporcionan un medio a través del cual asignar identificadores a elementos y a sus etiquetas, definiciones y descripciones.

Una característica clave de un registro es que realiza un seguimiento de los cambios, de modo que los datos creados en el pasado todavía pueden interpretarse completa y correctamente, ya que los elementos reemplazados o retirados, permanecerán siempre en el registro (INSPIRE Drafting Teams, 2007).

Tomando el ejemplo de la Directiva INSPIRE, una lista inicial de elementos que deberían ser almacenados en el registro podría ser la siguiente:

- Especificaciones de datos: descripción detallada de uno o más conjuntos de datos que le permitirán ser creados, suministrados y utilizados por otra parte.
- Catálogos de funciones: catálogos que contienen definiciones y descripciones de los tipos de objetos espaciales, sus atributos y componentes asociados que se producen en uno o más conjuntos de datos, junto con las operaciones que se pueden aplicar.
- Esquemas de aplicación: esquema conceptual para los datos requeridos por una o más aplicaciones.
- Listas de códigos: diccionario que describe los dominios de valores de atributo para tipos seleccionados en un esquema de catálogo/aplicación.
- Sistemas de referencia de coordenadas y operaciones: diccionario de sistemas de referencia de coordenadas, datum, sistemas de coordenadas y operaciones de coordenadas que se utilizan en conjuntos de datos.
- Unidades de medida: diccionario de unidades de medida que se utilizan en conjuntos de datos.
- *Namespaces* de identificador de objeto espacial: se requiere un mecanismo para garantizar la unicidad de los identificadores de objeto a través de varios proveedores de contenido.
- Tipos de servicio: lista de tipos de servicio (taxonomía de servicio).

### 6.3.3.6 Requerimientos funcionales y no funcionales

Como hemos descrito en el apartado anterior, el listado de posibles servicios que se pueden implementar en un sistema de información es muy extenso. Si a esto se le añaden las distintas combinaciones que se pueden hacer entre ellos, la relación de posibles servicios para implantar en un sistema podría ser interminable. En función de las operaciones que se tengan que realizar, la configuración de aplicaciones, servicios y operaciones va a variar considerablemente. Un departamento que trabaja con imágenes de satélite o fotografías aéreas no necesita las mismas funcionalidades que otro que sólo edita límites de parcelas.

Para que el diseño del sistema sea eficiente, es necesario elaborar antes de la fase de diseño, un buen documento de requerimientos funcionales. Debe contemplar la relación de los servicios que proporcionará el sistema según sus diferentes dominios de actuación (requerimientos departamentales), de los procedimientos para manejar los datos y de la manera en que el SIG reaccionará a las peticiones no contempladas en estos procesos. En algunos casos, los requerimientos funcionales de los sistemas también describen explícitamente aquellas operaciones que nunca podrá hacer el sistema.

En principio, la especificación de requerimientos funcionales de un sistema debe estar completa y ser consistente. Completa porque todos los servicios solicitados por el usuario, deben estar definidos, y consistente significa que los requerimientos pueden tener definiciones contradictorias. Los elementos que debería contemplar esta especificación de requerimientos funcionales son:

- Procesos generales comunes a todos los usuarios y elementos del sistema.
- Procesos específicos de cada unidad de negocio (departamento).
- Flujos de datos en los diferentes tipos de procesos.
- Datos que interviene en cada flujo de datos.
- Relación de bases de datos dentro del sistema.
- Datos que va a gestionar cada base de datos.

Para completar el diseño del sistema en cuanto a su aspecto computacional, es necesario describir los llamados “requerimientos NO funcionales”, que son aquellos requerimientos que no se refieren directamente a las funciones específicas que ofrece el sistema, sino a las propiedades emergentes de éste: la seguridad, la fiabilidad, la respuesta en el tiempo y la capacidad de almacenamiento. Los requerimientos no funcionales surgen a partir de las necesidades del usuario, de las restricciones en el presupuesto, de las políticas de la organización, de la necesidad de interoperabilidad con otros sistemas de software o hardware o provienen de factores externos como los reglamentos de seguridad, las políticas de privacidad, entre otros.

### 6.3.3.7 Esquema de la arquitectura basada en servicios

Además de definir los servicios, sus operaciones y el encadenamiento de servicios, desde el punto de vista computacional, debemos ofrecer una aproximación a la distribución física de

estos componentes usando una arquitectura con varias capas. Sin entrar en complejidades tecnológicas, lo más usual entre las arquitecturas implantadas para la gestión de información geográfica, es utilizar tres capas: una para los datos, otra para las aplicaciones y otra para los usuarios.

Nuestro planteamiento para el diseño del SIG corporativo es poner en la capa de datos todos aquellos componentes que hemos descrito en el Punto de vista de la Información. En la capa central de aplicaciones se encontrarán los servicios y las aplicaciones de procesamiento compartido. Y finalmente, en la capa de usuarios, dispondremos los elementos relacionados con las operaciones que realiza el usuario en función de su rol cuando interactúa con el sistema.

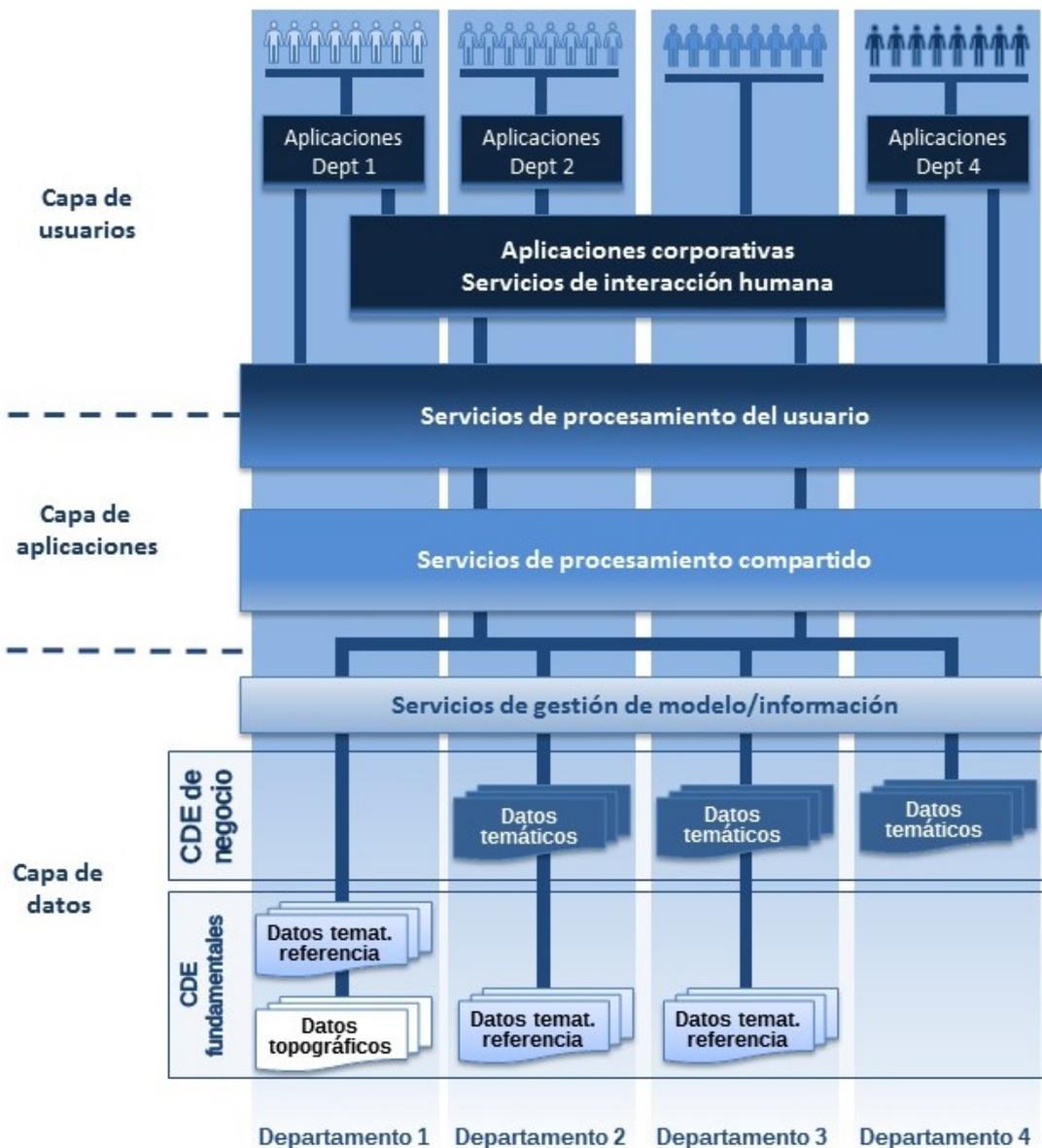


Figura 6-13 Esquema de la arquitectura de servicios en tres capas (elaboración propia).

En la figura 6-13, se representa el diseño conceptual de la arquitectura propuesta para el funcionamiento del SIG corporativo, utilizando las tecnologías desarrolladas en los últimos años

para la implantación de infraestructuras de datos espaciales. El diseño está basado en una arquitectura orientada a servicios (SOA), en la que los diferentes usuarios y proveedores exponen y consumen servicios mediante el bus de servicios soportado por la infraestructura. Este tipo de arquitectura se suele utilizar para la creación de sistemas altamente escalables y brinda una forma bien definida de exposición e invocación de servicios (comúnmente, pero no exclusivamente, servicios web), lo cual facilita la interacción entre diferentes sistemas propios o de terceros.

En la primera capa, o capa más profunda, situaremos las bases de datos y los sistemas de ficheros con la información geográfica, los metadatos, los ficheros de los registros y demás información que utilizan los diferentes sistemas que conforman el SIG corporativo. Cuando hablamos de capa, nos referimos a una capa lógica, pues estos almacenes de información que comentamos, físicamente estarán en cada uno de los departamentos, o centralizados en un mismo sitio, dependiendo de la configuración tecnológica de la organización; pero siempre bajo la administración del departamento que lo gestiona. Es fundamental que cada departamento conserve su gestión de la información. Además de los datos, esta capa también contendrá los servicios que permiten el acceso a los mismos.

La capa intermedia es la fundamental en este diseño. Sostendrá los servicios y procesos que proporcionan al sistema todas sus características principales: interoperabilidad, escalabilidad, modularidad, unicidad de los datos, reusabilidad e integridad. A través de un bus de servicios, las aplicaciones de la tercera capa acceden a la información de forma transparente para el usuario, que sólo tiene que buscar en un catálogo la información que desea. Ésta es la única de las tres capas que es homogénea y compartida por todas las unicidades de negocio. Contiene los servicios de procesamiento compartido y una parte de los servicios de procesamiento de usuario.

Y finalmente, la capa de usuario que contiene las aplicaciones que permiten visualizar, editar, analizar y distribuir la información geográfica dentro y fuera de la organización. Estas aplicaciones no tienen por qué ser las mismas para todos los usuarios. Un requisito del diseño del sistema era la posibilidad de seguir trabajando con los aplicativos departamentales existentes. Por tanto, en esta capa convivirán unas aplicaciones generalistas, enfocadas a que todos los departamentos las utilicen para interactuar con los datos; y otras aplicaciones departamentales que contendrán utilidades propias de cada unidad de negocio del sistema. Es interesante remarcar que no todos los departamentos tienen que disponer de aplicaciones propias para acceder a la información; así como tampoco todos los departamentos producirán datos.

Resumiendo, el propósito final de esta arquitectura es que, mediante la capa de servicios, un usuario o una máquina a través de una aplicación, acceda a los datos de cualquier SIG departamental de la misma forma, siempre que éste cumpla las especificaciones de datos y servicios. Es decir, alcanzar la máxima interoperabilidad posible compartiendo la información entre todos los niveles de una organización, y entre la organización y otros usuarios externos.

### 6.3.4 Infraestructura del sistema

*"El Engineering Viewpoint se ocupa de la infraestructura necesaria para apoyar la distribución del sistema" (ISO 10746-1)*

Todos los componentes que hemos enumerado en los aparatos anteriores necesitan un soporte que permita el movimiento de la información entre los usuarios del SIG corporativo. Desde este punto de vista, se va a describir la infraestructura y los aspectos necesarios que facilitan la colocación de los componentes que forman el sistema distribuido.

#### 6.3.4.1 Sistema distribuido

El diseño de nuestra propuesta de SIG corporativo está basado en la reutilización de los sistemas existentes. Un sistema distribuido se define como una colección de sistemas autónomos conectados por una red, y con las aplicaciones distribuidas funcionando adecuadamente para que el sistema sea visto por los usuarios como una única entidad capaz de proporcionar facilidades de un SIG. Las características clave de un sistema distribuido son la compartición de recursos, la escalabilidad, la concurrencia, la apertura (*openness*), la transparencia y la tolerancia a fallos.

En este apartado sólo vamos a describir cada una de estos aspectos, pues no es cometido de este trabajo penetrar en el diseño de la infraestructura. Esa es una tarea más relacionada con la política de sistemas informáticos de una organización que con la geomática. Vamos a hacer mención brevemente a estos puntos para que se conozca qué se es necesario tener en cuenta en un diseño más profundo de un sistema corporativo.

#### **Escalabilidad**

Los sistemas distribuidos deben operar de manera efectiva y eficiente a diferentes escalas. El diseño del sistema debe funcionar tanto para un grupo reducido de ordenadores que comparten unos recursos limitados, como para un grupo de cientos de puestos de trabajo con servidores y otros recursos.

#### **Concurrencia**

Es la capacidad que tiene un sistema de ejecutar varios procesos al mismo tiempo. Un sistema distribuido está basado en el modelo de compartición de recursos. Tiene que permitir que muchos usuarios interactúen simultáneamente con aplicaciones y que muchos procesos se ejecuten concurrentemente, cada uno respondiendo a diferentes peticiones de los procesos clientes.

#### **Apertura (*openness*)**

Se dice que un sistema es abierto si puede ser ampliado de diversas maneras. Un sistema puede ser abierto o cerrado con respecto a extensiones hardware (añadir periféricos, memoria o

interfaces de comunicación, etc.) o con respecto a las ampliaciones de software (incrementar características al sistema operativo, protocolos de comunicación y servicios de compartición de recursos, etc.).

### **Transparencia**

La norma ISO/IEC 10746-2 define la Transparencia como la propiedad de ocultar a un usuario particular el comportamiento potencial de algunas partes de un sistema distribuido (ISO/IEC, 2009). Las transparencias que considera son:

- De acceso: facilita el acceso a los objetos de información remotos de la misma forma que a los locales.
- De localización: permite el acceso a los objetos de información sin conocimiento de su posición en el sistema.
- De fallos: permite a los usuarios y aplicaciones completar sus tareas a pesar de la ocurrencia de fallos en el hardware o en el software.
- De migración: facilita el movimiento de objetos dentro de un sistema sin afectar a los usuarios o a las aplicaciones.
- De transacción: soporta que varios procesos operen concurrentemente utilizando objetos de información compartidos y de forma que no exista interferencia entre ellos.
- De duplicación: deja utilizar múltiples instancias de los objetos de información para incrementar la fiabilidad y las prestaciones sin que los usuarios o las aplicaciones tengan que conocer la existencia de las copias.
- De reubicación. permite la reconfiguración del sistema para mejorar las prestaciones mientras varía la carga.
- De persistencia: permite la expansión del sistema y de las aplicaciones sin cambiar la estructura del sistema o los algoritmos de la aplicación.

### **Tolerancia a fallos**

Cuando se producen fallos en las aplicaciones o en el hardware, los programas provocan resultados incorrectos o se puede, incluso, bloquear el sistema. El diseño de un sistema tolerante de fallos se debe basar en dos cuestiones, complementarias entre sí:

- Redundancia en el hardware mediante el uso de componentes replicados (fuentes de alimentación, discos replicados, conexiones dobles, etc.).
- Recuperación las aplicaciones: el diseño de las aplicaciones debe contemplar que sean capaces de recuperarse de los fallos.

#### **6.3.4.2 Arquitectura multicapa**

Para una implantación flexible del sistema, la arquitectura tecnológica debe estar distribuida en capas. La norma ISO 19119 propone una arquitectura que describe la distribución de servicios

e interfaces asociados presentes en el sistema. Basada en las categorías de servicios descritas en la taxonomía del apartado anterior, la propuesta de modelo lógico es la siguiente (figura 6-14):

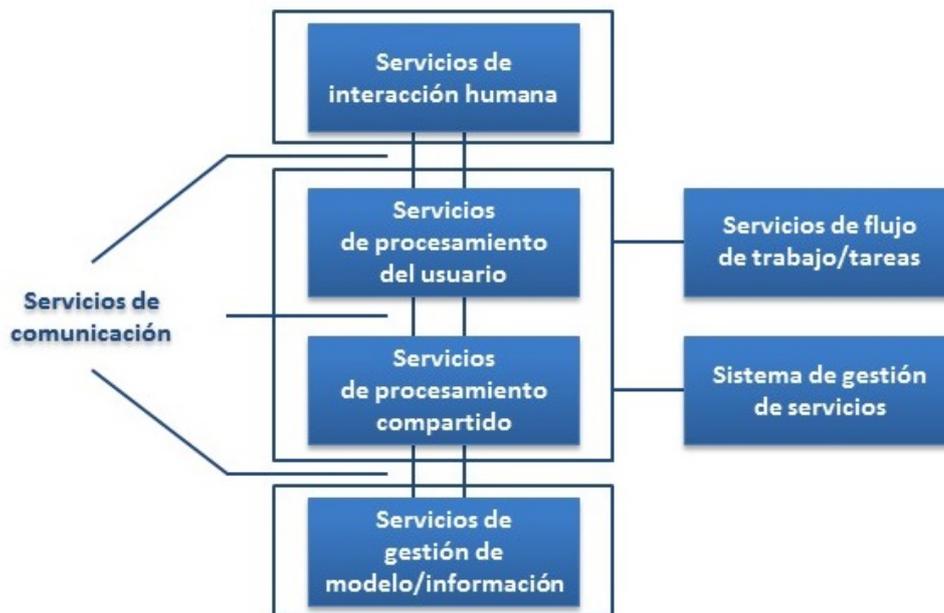


Figura 6-14 Esquema de la arquitectura lógica multicapa propuesta por la norma ISO 19119 (ISO/TC 211, 2016b).

Cada capa puede contener los servicios descritos en las subcategorías de la taxonomía:

- La capa de **servicios de interacción humana** permite la interacción física del sistema con el usuario, a través de las aplicaciones cliente que facilitan la presentación y la entrada de datos, además del diálogo necesario. Esta capa podría dividirse en dos: capa de presentación y capa de diálogo.
- La capa de **servicios de procesamiento de usuario** es una parte de la responsabilidad de los servicios de procesamiento que facilita la funcionalidad requerida por el usuario.
- La capa de **servicios de procesamiento compartido** es una parte de la responsabilidad de los servicios de procesamiento para los servicios comunes (tanto específicos del dominio como generales) que pueden ser usados por múltiples usuarios.
- La capa de **servicios de gestión de modelo/información** es responsable del almacenamiento físico de los datos y la gestión de datos.
- Los **servicios de flujo de trabajo/tareas** son un conjunto de servicios que pueden verse como un servicio de procesamiento especializado.
- Los **servicios de comunicaciones** son responsables de la conexión entre varias capas juntas.
- Los **servicios de gestión del sistema** son verticales a la arquitectura multicapa y podrían introducirse en múltiples capas.

Esta arquitectura lógica puede ser traducida a múltiples arquitecturas físicas, que son las que describen la distribución de componentes e interfaces asociadas que implementan los servicios. A su vez los componentes son alojados en equipamientos físicos y nodos. El siguiente esquema (figura 6-15) muestra la traducción de la arquitectura lógica a dos arquitecturas físicas: una para

clientes pesados (Ej. aplicación SIG de escritorio como ArcGIS o QGIS) y otra para clientes ligeros (Ej. visor web de mapas).

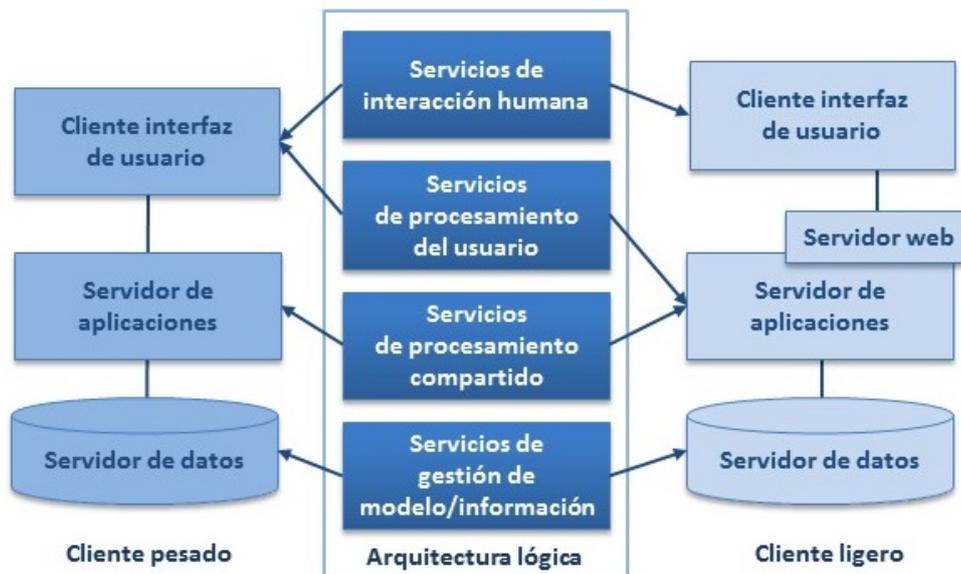


Figura 6-15 Mapeado de una arquitectura lógica de cuatro capas a clientes pesados y ligeros (ISO/TC 211, 2016b).

La diferencia entre las dos configuraciones que muestra el esquema es desde donde se ejecutan los servicios de procesamiento del usuario. En un cliente pesado, como una herramienta SIG de escritorio, podemos interactuar con los datos de la base de datos y también podemos ejecutar procesos de edición, análisis o modelización desde la misma herramienta. Sin embargo, en un cliente ligero, tipo visor web de mapas, los servicios de procesamiento tienen que estar programados previamente en la aplicación web. Aunque el usuario los ejecuta, no puede interactuar con ellos.

Todas las capas de cada una de las dos opciones podrían ser traducidas a una aplicación monolítica, o podrían ser traducidas usando diferentes arquitecturas físicas cliente-servidor. A la hora de implantar el SIG corporativo, en esta fase debe aparecer la coordinación con el departamento de sistemas informáticos de la corporación que, aplicando sus directrices, tiene que determinar la traducción de la arquitectura lógica planteada por los estándares internacionales a arquitectura elegida por la organización. La norma ISO 19119 muestra cómo crear una especificación de servicios independiente de la plataforma, y cómo implantar especificaciones de servicios sobre plataformas específicas; ofreciendo una guía para la selección y especificación de servicios geográficos, tanto desde una perspectiva independiente de la plataforma como de plataforma específica (ISO/TC 211, 2016b).

### 6.3.5 Punto de vista tecnológico

*"El Technology Viewpoint se ocupa de la elección de la tecnología para apoyar la distribución del sistema" (ISO 10746-1)*

El punto de vista de la tecnología describe la implementación del sistema en términos de una configuración de los objetos tecnológicos que representan los componentes físicos y lógicos del producto (ISO/TC 211, 2016b). Está restringido por los presupuestos y la disponibilidad de los objetos tecnológicos (productos físicos y lógicos) que satisfagan esta especificación.

Para lograr la interoperabilidad desde el punto de vista de la tecnología, es necesario disponer de una infraestructura que permita interoperar a los componentes de un sistema distribuido. Esta infraestructura, que debe ser suministrada por una plataforma de computación distribuida (DCP), permitirá a los componentes interoperar a través de redes de comunicaciones, plataformas físicas, sistemas operativos y lenguajes de programación.

Si en el punto de vista de la ingeniería pudimos dar pocas directrices sobre el diseño del sistema, en éste va a ser más reducida nuestra intervención. La visión del sistema desde este apartado debería realizar la elección y adecuación de la tecnología para apoyar la distribución del sistema que venimos describiendo a lo largo del trabajo.

En los puntos de vista anteriores pudimos llevar a cabo una propuesta de diseño sin necesidad de tener en cuenta los sistemas existentes, las dimensiones del mismo o la tecnología empleada. En el caso de esta vista, tiene muchos condicionantes y su elección va a depender de las opciones de diseño elegidas en las otras visiones del sistema.

## 6.4 Resumen del diseño propuesto

Para finalizar este capítulo, vamos a presentar una síntesis de los componentes esenciales para la puesta en marcha del SIG corporativo cuyo diseño describimos en este trabajo. A lo largo del capítulo hemos mostrado las características del sistema desde puntos de vista conforme al estándar RM-ODP. Para ofrecer esta visión resumida, vamos a encajar los componentes acordes con la clasificación que utilizamos en el capítulo 4 a la hora de categorizar los componentes de las infraestructuras de datos espaciales. Procediendo así, relacionamos el SIG corporativo con los fundamentos utilizados en la implantación de las IDEs, y cumplimos uno de los objetivos del trabajo.

En el apartado 4.4, tras revisar varias clasificaciones de componentes, decidimos quedarnos con la que catalogaba los componentes de una IDE en: organizativos, de información, tecnológicos y sociales. Aquí vamos a englobarlos en modelos para resumir su funcionamiento y mostrar una síntesis del diseño propuesto para el funcionamiento del SIG corporativo.

### 6.4.1 Modelo organizativo

Encontramos una descripción completa de este modelo en el apartado 6.3.1. Entre los elementos clave de la organización del sistema, destacamos los siguientes:

- **Órgano de gobierno:** es imprescindible, sea cual sea la forma elegida para su configuración. La representación de todos los departamentos tiene que estar presente en el mismo para trasladar los seguimientos particulares de cada uno.
- **Normas de funcionamiento:** son básicas para una óptima articulación del modelo. Deben determinar los derechos y deberes de los usuarios. A diferencia de una IDE, si estas normas son buenas, no es imprescindible un marco legal, pues estamos dentro de una misma organización. Eso no implica que el instrumento legal no le venga bien al funcionamiento del SIG corporativo.
- **Plan estratégico:** es la pieza clave para la correcta evolución del sistema. Después de su implantación, este plan es la guía para orientar el avance e incorporar los desarrollos tecnológicos.
- **Mecanismo de seguimiento:** es un elemento que nos va a ofrecer una imagen actualizada de la utilización del SIG corporativo. A partir de una serie de indicadores, definidos en el Plan Estratégico, se realizará una evaluación de los diferentes componentes y de su ajuste a las necesidades de los usuarios.
- **Marco legal:** no es imprescindible, pero su presencia asegura la estabilidad del sistema en el tiempo.

### 6.4.2 Modelo relativo a la información

Hemos dedicado todo un capítulo (5) a la importancia de las **especificaciones de datos** en la gestión de la información geográfica. Por lo tanto, creemos que este componente es de vital importancia en el modelo de gestión de los datos. Con unas buenas especificaciones de producto, aseguraremos una gran parte de los principios de funcionamiento del SIG corporativo. En este sentido no se considera válido hacerse con unas especificaciones definidas por otro organismo y utilizarlas en nuestro sistema. El proceso para elaborar las descripciones de los datos es fundamental en la fase de diseño del sistema.

Si las especificaciones son completas, en ellas quedarán determinados los otros elementos clave para el funcionamiento de este modelo:

- **Metadatos de datos y servicios:** son fundamentales para la búsqueda y localización de datos. Cuando se trabaja con sistemas departamentales o distribuidos, su papel gana en importancia ya que permiten a los usuarios de un sistema acceder fácilmente a datos que residen en otros sistemas. El sistema corporativo será más eficiente cuando las aplicaciones puedan utilizar los metadatos sin intervención de los usuarios. Para ello, los servicios y las aplicaciones se deben diseñar teniendo en cuenta este aspecto que, aunque sea costoso, favorece en gran medida la interoperabilidad interna.

- **Procedimientos de mantenimiento de la información:** deben quedar determinados en los modelos de datos de las especificaciones y más adelante, se tienen que poner los medios (aplicaciones) para cumplir con lo determinado por éstas.
- **Aseguramiento de la calidad:** es la base para que el sistema sea eficaz en el cumplimiento de los requerimientos.

A caballo entre el modelo organizativo y el relativo a la información encontramos el proceso de **definición de los CDE fundamentales**. También es importante que esta tarea se realice en las fases iniciales de la implementación del sistema, pues determina las responsabilidades en la producción de datos y proporciona seguridad a los usuarios.

### 6.4.3 Modelo tecnológico

La base tecnológica del diseño está fundada en la construcción de las infraestructuras de datos espaciales. Aunque la arquitectura basada en servicio no es exclusiva de ellas, en el mundo de la información geográfica se relacionan claramente. El **diseño de los servicios** es el aspecto fundamental en la visión tecnológica del sistema. No sólo hay que pensar en los servicios con especificaciones OGC ya definidas. Para que podamos implantar un sistema modulable, con escalabilidad e integrado con las soluciones existentes y futuras, debemos hacer que los procesos más habituales se realicen mediante servicios. Si no hay norma ISO o especificación OGC relativa a un servicio determinado que necesitemos poner en marcha, tendremos que asumir el diseño siguiendo las especificaciones generales para tal caso que incluye la norma ISO 19119 para la construcción de servicios web.

En estos momentos, cuando trabajamos en la **edición o análisis de grandes volúmenes de datos** geográficos, usamos una herramienta SIG de escritorio que trabaja directamente con la base de datos principal o con una base de datos ad-hoc. Los servicios se ponen en marcha para visualizar la información por parte de usuarios poco especializados, o facilitar el acceso a datos desde fuera de la organización. Los servicios comentados en este diseño deben sustituir los procesamientos que hacen esas herramientas de escritorio y a través de aplicaciones sencillas, se deberían poder ejecutar procesos complejos de edición o análisis de datos, que son los que más recursos consumen.

Además de los servicios, hay dos componentes con mucha menor presencia, pero con una gran importancia, que facilitan el buen funcionamiento del sistema. Se trata del **registro** y el catálogo. El primero juega un papel “silencioso” que resulta básico para mantener la integridad de la información y facilitar la armonización semántica de los datos. Tecnológicamente es sencillo de implantar; quizá lo complicado esté en su diseño. El segundo elemento es el **catálogo**, no como instrumento para consultar datos, sino como elemento primordial para el funcionamiento de los servicios sin la presencia humana. El encadenamiento de servicios para la realización de procesos complejos necesita de un buen catálogo de metadatos.

#### 6.4.4 Modelo social

Este modelo lo conforman una parte de los componentes descritos en el punto de vista organizativo, junto con algunos aspectos de relacionados con la información y la tecnología. Se trata de los elementos relacionados con las personas, ya sean utilizadores, proveedores o administradores de sistemas. Los componentes que podemos encuadrar en este modelo son los siguientes:

- **Requerimientos de usuario:** debe ser un documento vivo que tiene que estar por encima de las exigencias de la tecnología. De nada vale usar estándares si no satisfacen las reclamaciones de los usuarios.
- **Plan de formación:** a partir de las directrices marcadas por las normas de funcionamiento, las especificaciones de datos y las normas técnicas, es imprescindible diseñar un plan de formación adaptado a los diferentes roles que pueden tener los usuarios en el sistema.
- **Difusión del sistema e intercambio de experiencias:** hay algunos autores (Chan, 1998; Rajabifard et al., 2002b) que ven este elemento como un factor fundamental en el éxito del desarrollo de un SIG corporativo. Hay muchos medios de realizar la divulgación de la existencia, las funcionalidades y la operatividad del sistema para fomentar su utilización por parte de los usuarios.
- **Gestor de conocimiento:** este elemento puede ser considerado como un añadido al plan de formación antes descrito. Es un elemento sencillo, que puede funcionar a través de un gestor de contenidos en la intranet de la organización y contendrá la documentación de todos los componentes del sistema,

Una parte del éxito del sistema reside en su eficacia para implicar a los usuarios en su funcionamiento. Sea cual sea su función, el SIG corporativo debe proporcionar los mecanismos y herramientas necesarias para satisfacer las demandas relacionadas con la información geográfica. A diferencia de una IDE, donde gran parte de los usuarios son anónimos, aquí están identificados y por lo tanto, no se necesitan comunidades de usuarios para recibir opiniones, sugerencias y solicitudes. En este sentido, creemos esencial que todos los usuarios estén bien representados en el órgano de gobierno del sistema.

#### 6.5 Consideraciones finales

El sistema de información geográfica corporativo que hemos diseñado se plantea como una solución para la incorporación de la información geográfica en todas las tareas de un gobierno. En las administraciones modernas, se está implantando el gobierno electrónico en muchos procesos y la información geográfica está presente en una parte fundamental de estos procesos. La localización en el territorio de cualquier tipo de dato o expediente cada vez es más demandada y, sólo con la puesta en marcha de las IDE, no se solucionan estas cuestiones.

Este diseño se adapta a los marcos de interoperabilidad que están implantando los gobiernos para el funcionamiento de los sistemas informáticos, y gracias a sus características, sería posible realizar una implantación modular que fuera extendiéndose a los diferentes departamentos que

conforman la administración. Como se ha podido observar, no se trata de un diseño basado en la arquitectura informática de un sistema. Nuestra propuesta incide fundamentalmente y sobre todo en aspectos organizativos. Los componentes que se describen, aunque se encuadren dentro de otros aspectos, están estrechamente relacionados con el establecimiento de una manera de actuar más coordinada.

Los componentes descritos en este modelo dejan de funcionar eficientemente si se definen o trabajan de forma independiente. Los principios que rigen el funcionamiento del sistema se lograrán siempre que se ejecute un diseño completo y coordinado de los diferentes elementos que lo conforman.

## 7

## Caso de estudio: aplicación del modelo al SIG corporativo de la Xunta de Galicia

Una vez descrito el modelo de sistema de información geográfica corporativo, en este capítulo ensayamos la aplicación de este diseño sobre un SIG corporativo en funcionamiento. Este caso de estudio nos permitirá valorar la aplicabilidad de la propuesta elaborada. El SIG corporativo elegido es el denominado Plataforma SIX (Sistema de Información Xeográfica) Corporativa que funciona en el gobierno regional de Galicia desde hace unos años. Este caso de estudio cumple inicialmente con los criterios de selección que sirvieron para elegir en el capítulo 3 los sistemas que se evaluaron: gestiona los datos geográficos de un gobierno regional, en el cual conviven varios sistemas departamentales, tiene una IDE en marcha para difundir la información a los usuarios externos y su operatividad no es muy alta.

Además, existen otros factores en los que hemos apoyado la selección, como por ejemplo que esta iniciativa dispone de un marco legal favorable, pues en los últimos meses ha sido aprobado un decreto regional (Xunta de Galicia, 2017a) donde figura el SIG corporativo como un instrumento esencial para la gestión de la información geográfica en la región. Tras unas valoraciones iniciales, encontramos que puede ofrecer un gran margen de mejora tras la aplicación de este diseño.

Otros factores de índole geográfico y económico en los que se sustenta nuestra elección aparecen sintetizados en la tabla 7-1, en la que, pueden compararse los datos de Galicia con los de las regiones cuyos sistemas fueron analizados en el capítulo 3. Se puede observar que se encuadra en el tamaño medio de las regiones estudiadas en Europa y su PIB es un poco más bajo, cerca de Bretaña y Andalucía

	Nivel Adm.	Superficie	Población	Densida pobl.	PIB per capita	Gob. Locales
Valonia	Región	16.844 km <sup>2</sup>	3,6 mill hab	213 hab/km <sup>2</sup>	32.000 €/hab	262 mun.
Ren. Norte-West.	Región	34.084 km <sup>2</sup>	<b>17,9 mill hab</b>	<b>524 hab/km<sup>2</sup></b>	30.000 €/hab	396 mun.
Bretaña	Región	27.209 km <sup>2</sup>	3,3 mill hab	120 hab/km <sup>2</sup>	21.600 €/hab	<b>1.268 mun.</b>
Victoria	Región	227.416 km <sup>2</sup>	5,6 mill hab	25 hab/km <sup>2</sup>	32.900 €/hab	79 mun.
Nueva Zelanda	País	268.680 km <sup>2</sup>	4,5 mill hab	17 hab/km <sup>2</sup>	30.000 €/hab	67 mun.
Alberta	Provincia	<b>642.317 km<sup>2</sup></b>	3,6 mill hab	6 hab/km <sup>2</sup>	<b>43.979 €/hab</b>	248 mun.
Navarra	Región	10.391 km <sup>2</sup>	0,6 mill hab	61 hab/km <sup>2</sup>	30.800 €/hab	272 mun.
Andalucía	Región	87.268 km <sup>2</sup>	8,4 mill hab	96 hab/km <sup>2</sup>	18.500 €/hab	776 mun.
Galicia	Región	29.575 km <sup>2</sup>	2,7 mill hab	92 hab/km <sup>2</sup>	22.000 €/hab	313 mun.

Tabla 7-1 Datos socioeconómicos más significativos las regiones estudiadas en el capítulo 3 en comparación con Galicia.

El hilo conductor de este capítulo comienza describiendo el funcionamiento y las características del sistema en el momento actual. Para realizar esta tarea de modo sistemático se ha aplicado la subdivisión en componentes vista en el capítulo anterior. Luego se procede a aplicar el modelo sobre este sistema siguiendo pautas marcadas en su descripción. A continuación, hacemos un análisis de las ventajas e inconvenientes de la adecuación del SIG corporativo gallego al modelo propuesto, estudiando las posibles soluciones alternativas, los problemas e inconvenientes que pueden surgir en el desarrollo de su puesta en funcionamiento.

## **7.1 Análisis de la solución Plataforma SIX Corporativa**

Para realizar el examen de la situación actual y sus características, vamos a utilizar la misma estructura que usamos para resumir el modelo de SIG corporativo propuesto en el capítulo 6. Éste se basa en describir su funcionamiento en base a las categorías de los componentes que lo conforman: organizativos, tecnológicos, relativos a la información y sociales. Previamente a esta descripción de las funcionalidades, realizamos una revisión de cómo se llegó a implantar este sistema y su evolución en el tiempo.

### **7.1.1 Creación y evolución del SIG corporativo**

La puesta en marcha de un modelo de planificación comarcal integrado en 1990 y aplicado a toda Galicia requería la creación de un sistema de información adaptado los objetivos del Plan de Desarrollo Comarcal de Galicia, es decir, un SIG como instrumento para la gestión del territorio (Caridad, 2012). La implantación de este instrumento permite agilizar los procesos de actualización de la información, tanto gráfica como alfanumérica, resolver los problemas de tipo cartográfico y atender de forma rápida los posibles requerimientos de información territorial relacionados con los diferentes Planes Comarcales (Precedo Ledo, 1994).

El resultado de los esfuerzos por poner a punto un SIG en la administración gallega orientado a la planificación y la gestión territorial en el ámbito gallego fue el Sistema de Información Territorial Galicia (SITGA), desarrollado desde 1992 con financiación de la Unión Europea. El diseño inicial del sistema estaba encaminado a favorecer las funciones de análisis de datos y elaboración de cartografía temática (Precedo Ledo, Lopez Cousillas, Lopez Vizoso, & Gallego Priego, 1993).

Además de las razones citadas para su puesta en marcha, el propósito inicial fue gradualmente ampliado, aumentando sus contenidos y objetivos, a medida que los aportes de información y las demandas iban ampliándose. De este modo se convirtió en un sistema de información geográfica para todo el territorio gallego, con una estructura funcional concreta, que pasó a ser un departamento en una empresa pública con competencias en la planificación territorial, denominada Sociedad para el Desarrollo Comarcal de Galicia, adscrita a la Secretaria General de Planificación y Desarrollo Comarcal de la Xunta de Galicia.

Durante los primeros años, su principal tarea fue la recopilación de información sobre diferentes aspectos del territorio: topografía, geología, delimitaciones territoriales y cubierta terrestre. A estos datos cartográficos, se les unió una gran base de datos alfanumérica, denominada Base de

Datos Municipales (BDM) que almacenaba más de 30.000 tipos de datos sobre variables socioeconómicas de cada municipio de Galicia que se georreferenciaron a través del identificador oficial (Precedo Ledo et al., 1993).

En el año 2003, con la aparición de la entonces llamada “iniciativa INSPIRE”, empezaron los primeros trabajos para implantar la Infraestructura de Datos Espaciales de Galicia (IDEG). El equipo técnico del SITGA fue el encargado de desarrollar este proyecto que vio la luz en abril de 2005 con la puesta en marcha del geoportal **SITGA.com**. Se estableció un catálogo de datos geográficos y una gran variedad de servicios.

Coincidiendo en el tiempo, este departamento participó con un consorcio de entidades de la región norte de Portugal en dos proyectos de armonización de información geográfica relacionada con el ámbito rural. Estos proyectos denominados SIGN (Sistema de información geográfica para el territorio rural da Galicia-Norte de Portugal) y SIGN II (Infraestructura de datos espaciales para el territorio rural da Galicia-Norte de Portugal) sirvieron para intercambiar conocimiento en los procesos de definición y captura de información relativa a vegetación, cultivos, suelos, clima y datos socioeconómicos (Alonso, Castro, Gallego Priego & Crecente, 2006).

A finales de 2009, el gobierno gallego encargó una auditoría externa para analizar el estado de la IG en todo el organismo autonómico. Una parte de este trabajo consistió en la visita a 21 unidades de la Xunta de Galicia y la realización de entrevistas e informes departamentales. Este diagnóstico, permitió tener una visión amplia y clara a la hora de analizar problemas, abordar estrategias, diseño e implementación de herramientas geomáticas corporativas (Gallego Priego, Borobio Sanchiz, Fernández Ríos & Pillado Quintáns, 2011).

En el año 2012, coincidiendo con la creación del Instituto de Estudios del Territorio (IET), se aglutinó en un único departamento la producción, gestión y coordinación de la información geográfica y empieza a funcionar el proyecto **Plataforma SIX Corporativa** en colaboración con la Agencia para la Modernización Tecnológica de Galicia (AMTEGA). Es esta agencia el organismo encargado de gestionar la infraestructura informática y de comunicaciones del gobierno regional. El IET, como órgano competente en materia de información geográfica, realiza la coordinación y gestión del sistema, y la AMTEGA proporciona la infraestructura, la tecnología y las directrices que tienen que ver con estas dos materias (Borobio Sanchiz, Gallego Priego, Pillado Quintáns, & Varela García, 2011).

### 7.1.2 Modelo organizativo

La gestión del SIG corporativo figura como una de las líneas estratégica del plan de actuación IET<sup>52</sup> en materia de información geográfica, junto con la coordinación de la Infraestructura de Datos Espaciales de Galicia (IDEG) y la producción de cartografía. El IET, entre sus competencias<sup>53</sup>, cuenta con las funciones de recopilar y tratar la información del territorio

<sup>52</sup> [http://cmaot.xunta.gal/organizacion/c/CMAOT\\_Instituto\\_Estudios\\_Territorio](http://cmaot.xunta.gal/organizacion/c/CMAOT_Instituto_Estudios_Territorio)

<sup>53</sup> Decreto 244/2011 de 29 de diciembre, por el que se aprueban los estatutos del organismo autónomo Instituto de Estudios del Territorio: [https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2012/20120102/AnuncioCA02-291211-10538\\_es.html](https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2012/20120102/AnuncioCA02-291211-10538_es.html)

gallego, así como la producción cartográfica para las diferentes consejerías y organismos públicos de la Comunidad Autónoma de Galicia, y en particular:

1. Coordinación y difusión de la información geográfica.
2. Gestionar los sistemas de información corporativos vinculados al territorio y la Infraestructura de Datos Espaciales de Galicia (IDEG).
3. Elaboración, mantenimiento y actualización de la información geográfica y cartográfica.
4. El archivo y el tratamiento de los datos referidos a los indicadores del territorio establecidos en los instrumentos de ordenación territorial.
5. Incentivar la innovación, adopción y desarrollo de tecnologías e infraestructuras propias en los campos de información geográficas del territorio gallego.
6. Facilitar el acceso público a la información y las tecnologías geográficas para promover el conocimiento del territorio y sus valores, contribuyendo así a la conservación, protección y desarrollo sostenible de Galicia.

Para hacer partícipes al resto de departamentos de la Xunta de Galicia de las actuaciones en esta materia, este organismo autónomo también dirige la Comisión de Coordinación de Sistemas de Información Geográfica y Cartografía (Xunta de Galicia, 2017b), que tiene como objetivos más concretos:

- Garantizar la homogeneidad de la información producida por los organismos públicos.
- Favorecer la eficiencia en el gasto público destinado a cartografía y sistemas de información geográfica.
- Asegurar la calidad, actualización y disponibilidad pública de los datos geográficos de referencia.
- Coordinar los servicios públicos de información geográfica y cartográfica.

Con la aprobación del decreto (Xunta de Galicia, 2017a) que determina el reglamento para la ordenación de las actividades cartográfica y de información geográfica en Galicia, también se adscriben a al IET la cartoteca y el registro autonómico de cartografía. Estos dos instrumentos, unidos a los antes mencionados: plan cartográfico, SIG corporativo e IDEG; y el equipamiento de referencia (puntos geodésicos, toponimia oficial, delimitaciones territoriales y localización de entidades de población) forman el denominado Sistema Cartográfico de Galicia.

En el citado reglamento también se determina que a lo largo de 2017 se deberá redactar el Plan Gallego de Cartografía e Información Geográfica y tendrá que ser aprobado a principios del siguiente año. Este documento establecerá los objetivos y la coordinación de las actividades de producción cartográfica, la constitución y mejora permanente de la Infraestructura de datos espaciales de Galicia (IDEG) y el aprovechamiento y coordinación de esta información con las políticas públicas sectoriales con proyección territorial. El documento estará compuesto por un análisis de la situación de la información geográfica en la Comunidad Autónoma, una planificación de los objetivos y necesidades que se pretenden cubrir en materia cartográfica, unas líneas de actuación y actividades cartográficas que se pretenden desarrollar, los criterios orientativos para la elaboración de las normas técnicas de producción, los criterios de divulgación y acceso a la información, y por último, las acciones para coordinar los esfuerzos con el Plan Cartográfico Nacional que elabora el Consejo Superior Geográfico.

Para gestionar la plataforma tecnológica, se creó la Oficina Técnica SIG (OTSIX), compuesta por el personal técnico de IET y AMTEGA. Esta oficina es el punto de contacto para la gestión de los procedimientos y aplicaciones que tienen relación con la administración y configuración de la infraestructura que soporta el SIG corporativo. En la figura 7-1 se puede observar esquemáticamente el encaje de esta oficina entre ambos organismos.

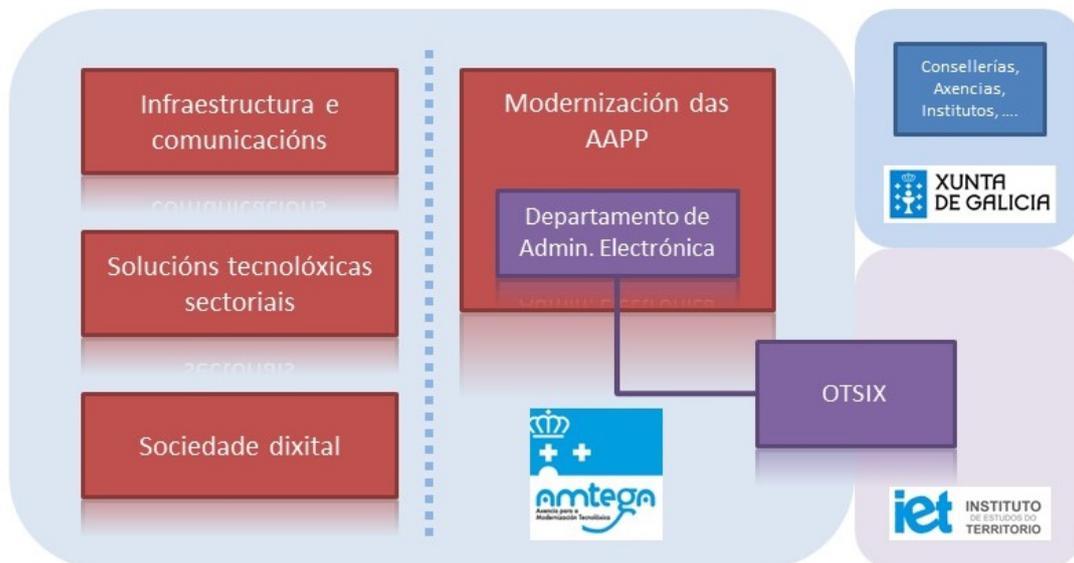


Figura 7-1 Esquema de funcionamiento de la Oficina Técnica SIG (OTSIX) según el documento interno sobre la Visión Global de la Plataforma SIX Corporativa.

### 7.1.3 Modelo relativo a la información

La producción de información geográfica se realiza según las necesidades de los departamentos, sin una organización que evite la duplicidad o la fragmentación de los datos (Borobio Sanchiz et al., 2011). Sólo a partir de 2004, con la puesta en marcha del Plan Nacional de Observación del Territorio<sup>54</sup> (PNOT), se dispuso de una producción ordenada en la obtención de ortofotografía aérea y ocupación del suelo coordinada entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas. El gobierno gallego participó en este plan nacional desde sus inicios, y continúa en la actualidad. Después de la aprobación del marco legal antes mencionado, la elaboración de datos se deberá planificar y definir en el Plan Gallego de Cartografía e Información Geográfica de una manera consensuada entre todas las unidades administrativas del gobierno.

Los metadatos de la información que gestiona el SIG corporativo están organizados en una aplicación web llamada Xeocatálogo<sup>55</sup> y están accesibles para todos los usuarios cumpliendo con las especificaciones determinadas por INSPIRE. La Comisión de Coordinación aprobó en 2014 los únicos modelos de datos que están definidos hasta la fecha. Se trata de las especificaciones de producto de la Base Topográfica de Galicia (BTG), de la Base Topográfica Urbana de Galicia (BTUG) y de la Base Cartográfica de Infraestructuras y Servicios de Telecomunicaciones, pero estos productos disponibles para su descarga, no hay ningún fichero que utilice estos modelos

<sup>54</sup> <http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Observacion-Territorio.pdf>

<sup>55</sup> <http://xeocatálogo.xunta.es/>

de datos. Un aspecto que no tiene definido este proyecto es el relativo a la definición de conjuntos de datos fundamentales. La información topográfica de referencia está mantenida por el IET, pero existe indefinición en cuanto que datos se consideran prioritarios para la facilitar las acciones del gobierno regional.

El análisis realizado muestra como la plataforma corporativa no dispone no dispone de aplicaciones propias para el mantenimiento y actualización de los datos. Esta labor, según el esquema de la figura 7-2, parece que se realiza con herramientas SIG de escritorio sobre bases de datos locales, que una vez validadas, se almacenan en la base de datos general de la plataforma.

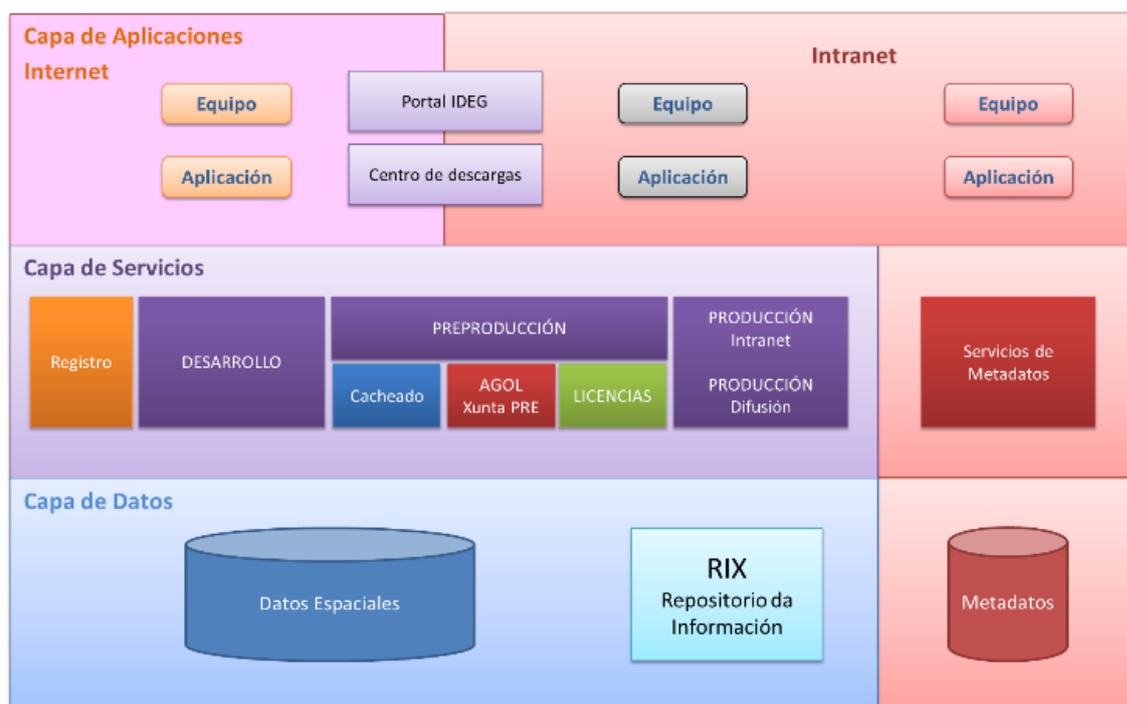


Figura 7-2 Esquema de la arquitectura tecnológica de la Plataforma SIG Corporativa y de la IDEG. (Extraído del documento Visión Global de la Plataforma SIX Corporativa)

#### 7.1.4 Modelo tecnológico

Como ha ocurrido en muchos gobiernos, cuando se piensa en la implantación de un SIG corporativo, se da excesiva importancia a la tecnología frente a los demás aspectos. En el caso gallego, también se reproduce esta forma de considerar la gestión de la información geográfica y muchos procedimientos del trabajo compartido dependen de las directrices tecnológicas. Según el documento interno Visión Global de la Plataforma SIX Corporativa, este sistema dispone de una infraestructura tecnológica basada en la herramienta de software ArcGIS y un equipamiento de servidores para el núcleo central del SIG corporativo y al mismo tiempo para proporciona los servicios de la IDEG. En la figura 7-2 se muestra el entorno tecnológico diseñado para el funcionamiento del núcleo central, que incluye un entorno de desarrollo, otro de pre-producción y otro fina de producción para la implantación de los servicios de información geográfica y para las aplicaciones internas y de la IDEG. En cuanto a aplicaciones de acceso a los datos, diferencia a los usuarios internos de los que acceden a través de IDEG.

Analizando los sistemas departamentales a través de la escasa documentación que muestran sus portales de internet, en su mayoría usan la misma herramienta, pero no funcionan como una parte del sistema. Siguen siendo unidades aisladas que transfieren datos en forma de ficheros, sin conexión entre bases de datos. Para resolver estos problemas de integración de datos, en algunos casos utilizan servicios desde el núcleo central de SIG corporativo.

Como se ha comentado en el apartado anterior, este sistema cuenta con un catálogo de metadatos. Está construido sobre la tecnología de software libre *GeoNetworks* y es accesible a través de un servicio CSW interoperable. No dispone de aplicaciones de carga de metadatos, ni de utilidades para validar estos ficheros.

En cuanto al registro para almacenar las listas de códigos, las especificaciones de datos, los esquemas de aplicación o los servicios de localización, no hay ninguna aplicación disponible para hacer esta labor. Está en el esquema de la figura 7-2, pero no hay una descripción del mismo, ni parece que esté implementado.

### 7.1.5 Modelo social

La participación de los usuarios en el sistema se realiza a través de la Comisión de Coordinación de SIG y Cartografía y sus grupos de trabajo<sup>56</sup>. Hasta la fecha no ha resultado eficaz puesto que la citada comisión no ha tenido el funcionamiento deseado. Un seguimiento de las actas de la citada comisión pone de manifiesto que, desde su creación en 2003, esta comisión sólo se ha reunido 5 veces; la primera de estas reuniones fue en 2010, y sus resultados no han sido muy productivos, sobre todo en cuanto a la participación e implicación de los diferentes usuarios.



Figura 7-3 Página principal del SIG corporativo en la intranet de la Xunta de Galicia. (extraído del portal de la plataforma SIX corporativa)

<sup>56</sup> <http://mapas.xunta.gal/comision-de-coordinacion-de-sistemas-de-informacion-xeografica-e-cartografica>

Para difundir el uso del sistema y ayudar a los usuarios a realizar alguno de sus procedimientos, existe un gestor de conocimiento creado en la intranet corporativa. En la imagen 7-3, podemos ver el aspecto de este gestor en forma de portal web con una sección con documentación sobre el funcionamiento del sistema, otra en forma de gestor de contenidos para intercambio de experiencias y algunas utilidades internas para el uso de los servicios de información geográfica. El apartado más completo está formado por los procedimientos para las solicitudes de uso e instalación de los componentes del sistema. En la figura 7-4 se puede ver un ejemplo de alguna de las páginas de este gestor.

Documentos	Solicitudes								
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Manual de acollida da Plataforma SIX Corporativa</li> <li>▶ SIX001 - Procedemento para a solicitude de software SIX</li> <li>▶ SIX001 - Solicitude para a instalación de software SIX (PDF)</li> <li>▶ SIX001 - Solicitude para a instalación de software SIX (ODT)</li> <li>▶ SIX002 - Procedemento para a solicitude de creación dun servizo SIX</li> <li>▶ SIX002 - Solicitude para a creación de servizos SIX (PDF)</li> <li>▶ SIX002 - Solicitude para a creación de servizos SIX (ODT)</li> <li>▶ SIX003 - Procedemento para a solicitude dun novo esquema de datos SIX</li> <li>▶ SIX003 - Solicitude de esquema de datos SIX (PDF)</li> <li>▶ SIX003 - Solicitude de esquema de datos SIX (ODT)</li> <li>▶ SIX004 - Procedemento para solicitar unha conta para o acceso ao AGOL da Xunta</li> <li>▶ SIX004 - Solicitude de rexistro no portal AGOL do SIX (PDF)</li> <li>▶ SIX004 - Solicitude de rexistro no portal AGOL do SIX (ODT)</li> <li>▶ SIX005 - Procedemento para solicitar acceso a un esquema de datos SIX</li> <li>▶ SIX005 - Solicitude de permisos de acceso a esquemas do SIX (PDF)</li> <li>▶ SIX005 - Solicitude de permisos de acceso a esquemas do SIX (ODT)</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Como solicitar la instalación de software GIS</th> <th>Como solicitar la creación de un servicio GIS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>                     Si necesita instalar herramientas GIS corporativas, debe solicitarlo siguiendo este procedimiento:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX001) y remitir al CAU junto con una breve descripción de las necesidades del usuario, indicando en el asunto "SIX: solicitud de software"</li> <li>• El CAU trasladará la petición al IET (Instituto de Estudios del Territorio), que puede ponerse en contacto con el solicitante para pedir información adicional y asignar el software que se debe instalar.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, un operario instalará y configurará la herramienta.</li> </ul> </td> <td>                     Si quiere solicitar un servicio GIS, debe hacerlo siguiendo este procedimiento:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX002) y remitir al CAU indicando en el asunto "SIX: solicitud de creación de un servicio"</li> <li>• El CAU trasladará la petición a la oficina técnica correspondiente que puede ponerse en contacto con el solicitante para pedir información adicional.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, la oficina correspondiente tramitará la petición para su ejecución.</li> </ul> </td> </tr> <tr> <th>Como solicitar un nuevo esquema de datos GIS</th> <th>Como solicitar una cuenta para el acceso al AGOL de la Xunta</th> </tr> <tr> <td>                     Si necesita una conexión a un esquema de bases de datos con datos GIS debe solicitarlo según el siguiente procedimiento:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX003) y remitir al CAU junto con una breve descripción de las necesidades del usuario, indicando en el asunto "SIX: Solicitud de esquema"</li> <li>• El CAU trasladará la petición al IET (Instituto de Estudios del Territorio) para su evaluación y, si es preciso, se pondrá en contacto con el usuario para obtener más información.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, la oficina correspondiente tramitará la petición para su ejecución.</li> <li>• La oficina remitirá a la persona usuaria las instrucciones necesarias para establecer la conexión.</li> </ul> </td> <td>                     Si necesita un usuario para el portal AGOL de la Xunta debe solicitarlo según el siguiente procedimiento:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX004) y remitir al CAU junto con una breve descripción de las necesidades de la persona usuaria, indicando en el asunto "SIX: solicitud de alta en el AGOL"</li> <li>• El CAU trasladará la petición al IET (Instituto de Estudios del Territorio) para su evaluación y, si es preciso, se pondrá en contacto con el usuario para obtener más información.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, la oficina correspondiente tramitará la petición para su ejecución.</li> <li>• La oficina remitirá a la persona usuaria las instrucciones necesarias para acceder al AGOL. Junta.</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	Como solicitar la instalación de software GIS	Como solicitar la creación de un servicio GIS	Si necesita instalar herramientas GIS corporativas, debe solicitarlo siguiendo este procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX001) y remitir al CAU junto con una breve descripción de las necesidades del usuario, indicando en el asunto "SIX: solicitud de software"</li> <li>• El CAU trasladará la petición al IET (Instituto de Estudios del Territorio), que puede ponerse en contacto con el solicitante para pedir información adicional y asignar el software que se debe instalar.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, un operario instalará y configurará la herramienta.</li> </ul>	Si quiere solicitar un servicio GIS, debe hacerlo siguiendo este procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX002) y remitir al CAU indicando en el asunto "SIX: solicitud de creación de un servicio"</li> <li>• El CAU trasladará la petición a la oficina técnica correspondiente que puede ponerse en contacto con el solicitante para pedir información adicional.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, la oficina correspondiente tramitará la petición para su ejecución.</li> </ul>	Como solicitar un nuevo esquema de datos GIS	Como solicitar una cuenta para el acceso al AGOL de la Xunta	Si necesita una conexión a un esquema de bases de datos con datos GIS debe solicitarlo según el siguiente procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX003) y remitir al CAU junto con una breve descripción de las necesidades del usuario, indicando en el asunto "SIX: Solicitud de esquema"</li> <li>• El CAU trasladará la petición al IET (Instituto de Estudios del Territorio) para su evaluación y, si es preciso, se pondrá en contacto con el usuario para obtener más información.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, la oficina correspondiente tramitará la petición para su ejecución.</li> <li>• La oficina remitirá a la persona usuaria las instrucciones necesarias para establecer la conexión.</li> </ul>	Si necesita un usuario para el portal AGOL de la Xunta debe solicitarlo según el siguiente procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX004) y remitir al CAU junto con una breve descripción de las necesidades de la persona usuaria, indicando en el asunto "SIX: solicitud de alta en el AGOL"</li> <li>• El CAU trasladará la petición al IET (Instituto de Estudios del Territorio) para su evaluación y, si es preciso, se pondrá en contacto con el usuario para obtener más información.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, la oficina correspondiente tramitará la petición para su ejecución.</li> <li>• La oficina remitirá a la persona usuaria las instrucciones necesarias para acceder al AGOL. Junta.</li> </ul>
Como solicitar la instalación de software GIS	Como solicitar la creación de un servicio GIS								
Si necesita instalar herramientas GIS corporativas, debe solicitarlo siguiendo este procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX001) y remitir al CAU junto con una breve descripción de las necesidades del usuario, indicando en el asunto "SIX: solicitud de software"</li> <li>• El CAU trasladará la petición al IET (Instituto de Estudios del Territorio), que puede ponerse en contacto con el solicitante para pedir información adicional y asignar el software que se debe instalar.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, un operario instalará y configurará la herramienta.</li> </ul>	Si quiere solicitar un servicio GIS, debe hacerlo siguiendo este procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX002) y remitir al CAU indicando en el asunto "SIX: solicitud de creación de un servicio"</li> <li>• El CAU trasladará la petición a la oficina técnica correspondiente que puede ponerse en contacto con el solicitante para pedir información adicional.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, la oficina correspondiente tramitará la petición para su ejecución.</li> </ul>								
Como solicitar un nuevo esquema de datos GIS	Como solicitar una cuenta para el acceso al AGOL de la Xunta								
Si necesita una conexión a un esquema de bases de datos con datos GIS debe solicitarlo según el siguiente procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX003) y remitir al CAU junto con una breve descripción de las necesidades del usuario, indicando en el asunto "SIX: Solicitud de esquema"</li> <li>• El CAU trasladará la petición al IET (Instituto de Estudios del Territorio) para su evaluación y, si es preciso, se pondrá en contacto con el usuario para obtener más información.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, la oficina correspondiente tramitará la petición para su ejecución.</li> <li>• La oficina remitirá a la persona usuaria las instrucciones necesarias para establecer la conexión.</li> </ul>	Si necesita un usuario para el portal AGOL de la Xunta debe solicitarlo según el siguiente procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubrir el formulario correspondiente (SIX004) y remitir al CAU junto con una breve descripción de las necesidades de la persona usuaria, indicando en el asunto "SIX: solicitud de alta en el AGOL"</li> <li>• El CAU trasladará la petición al IET (Instituto de Estudios del Territorio) para su evaluación y, si es preciso, se pondrá en contacto con el usuario para obtener más información.</li> <li>• Si la solicitud es aprobada, la oficina correspondiente tramitará la petición para su ejecución.</li> <li>• La oficina remitirá a la persona usuaria las instrucciones necesarias para acceder al AGOL. Junta.</li> </ul>								

Figura 7-4 Imagen de la página de la intranet corporativa correspondiente a las solicitudes y documentación que puede necesitar cualquier usuario (extraído del portal de la Plataforma SIX corporativa).

### 7.1.6 Resumen de los componentes del sistema implantado

Para sintetizar el estado de implantación, la operatividad y el grado de interoperabilidad de cada uno de los componentes del SIG corporativo de la Xunta de Galicia, resumimos en la tabla 7-2 lo descrito en los apartados anteriores. Para valorar el grado de implantación del componente revisado, el nivel de operatividad del mismo y su influencia para favorecer la interoperabilidad en el sistema, utilizamos cuatro posibles valores para calificar el funcionamiento. De menos a más, estos son los valores que utilizamos en la tabla NO/Nula, Reducida, Parcial/Limitada y SI/Favorece. Además, se usa el valor Otros Medios cuando esa función no la realiza un componente del sistema, pero si están ejecutada por otro instrumento.

En el análisis se ha utilizado la estructura y clasificación de componentes determinada en el modelo propuesto en el capítulo 6. El resultado de este examen muestra que la mayor parte de los componentes del SIG implantados en la actualidad no están diseñados o no funcionan adecuadamente en relación a lo dispuesto en el modelo. Los aspectos relacionados con la organización del sistema son los que están más cerca del modelo gracias a la reciente aprobación del marco legal en la región y a los instrumentos que este decreto anuncia que tienen que empezar a funcionar. En el lado contrario se encuentran los componentes relacionados con la información, cuya implantación es mínima según los requerimientos del modelo.

Componentes	Implantación	Operatividad	Interoperabilidad
<b>Modelo organizativo</b>			
Órgano de gobierno	SI	Reducida	Favorece
Marco legal	SI	Plena	Favorece
Plan estratégico	NO	Otros medios	NO
Normas de funcionamiento	Parcial	Limitada	NO
Mecanismo de seguimiento	NO	Nula	NO
<b>Modelo relativo a la información</b>			
Especificaciones de datos	Parcial	Reducida	Reducida
Definición de CDE fundamentales	NO	Nula	NO
Metadatos de datos y servicios	Parcial	Limitada	Limitada
Procedimientos para el mantenimiento de datos	NO	Otros medios	NO
Aseguramiento de la calidad	NO	Otros medios	Reducida
Normas técnicas	NO	Nula	NO
<b>Modelo tecnológico</b>			
Diseño de los servicios de información	Parcial	Reducida	Limitada
Registro	NO	Nula	NO
Catálogo de metadatos	SI	Limitada	Limitada
Herramientas de edición	Parcial	Limitada	NO
<b>Modelo social</b>			
Requerimientos de usuario	NO	Otros medios	NO
Plan de formación	Parcial	Reducida	Reducida
Difusión del sistema	Parcial	Limitada	Reducida
Gestor de conocimiento	Parcial	Limitada	Reducida

Tabla 7-2 Resumen del estado de implantación, operatividad y grado de interoperabilidad del SIX corporativo.

En el siguiente apartado, mostramos como corregir estos déficits en cuanto a la implantación, operatividad e interoperabilidad de los elementos que conforman el modelo propuesto.

## 7.2 Aplicación del modelo diseñado

Después de describir en profundidad los componentes que forman el actual SIG corporativo de la Xunta de Galicia, procedemos a aplicar el modelo propuesto, detallando el proceso de adaptación de cada uno de los componentes al nuevo diseño y las dificultades que se pudieran encontrar en su aplicación. Al finalizar cada sección, se resumen en una tabla las acciones propuestas para desarrollar el componente, los conflictos que pueden surgir en el proceso y el coste necesario para el ajuste al modelo propuesto en ese componente. Para reflejar el coste de las acciones propuestas, utilizamos cinco valores que definimos en la tabla 7-3 como recursos añadidos al equipo que en la actualidad está administrando el sistema:

Coste	Descripción
<b>Muy alto</b>	Cuando la acción se realiza en un plazo aproximado de dos años por un equipo adicional de 5 técnicos especializados, y además se necesita la participación de personal de todos los departamentos que componen el sistema.
<b>Alto</b>	Cuando para realizar la acción se necesita un equipo adicional de 5 técnicos especializados en un plazo aproximado de dos años.
<b>Medio</b>	Cuando la acción se ejecuta en un plazo aproximado de un año por un equipo adicional de 3 técnicos especializados.
<b>Bajo</b>	Si la acción se puede realizar en un plazo menor a seis meses por un técnico especializado adicional al equipo actual.
<b>Nulo</b>	No tiene coste, se pues se trata de un proceso ya previsto en el desarrollo del sistema actual.

Tabla 7-3 Valores usados para evaluar el coste de ejecución de las acciones propuesta.

### 7.2.1 Propuesta para el modelo organizativo

Entre los componentes propuestos en relación a la coordinación, el marco legal y la planificación de actuaciones, podemos destacar que los dos principales instrumentos ya están disponibles en este caso de uso:

- **Órgano de gobierno:** de los tres modelos expuestos, en Galicia se utiliza el correspondiente a la gestión del sistema por parte de un organismo con competencias, el Instituto de Estudios del Territorio en este caso, y ayudado por una comisión en la que están representados el resto de los departamentos. Sin embargo, su operatividad es reducida puesto que sus reuniones escasean y la participación de los diferentes departamentos es casi nula. Para mejorar su operatividad, sería conveniente fijar un mínimo de reuniones anuales de la Comisión y activar los grupos de trabajo para que los usuarios representados hagan una labor de difusión del sistema en sus departamentos.
- **Marco legal:** es un texto muy completo. Abarca todos los aspectos que pueden ser necesarios para el funcionamiento del sistema. Los únicos temas que no deja muy claros, como son la elaboración de un documento de líneas estratégicas, las normas de funcionamiento y la determinación de los datos fundamentales, tienen una perfecta cabida en la redacción del Plan Gallego de Cartografía.

Por otro lado, están los componentes que acercarían el SIG corporativo gallego al modelo propuesto en este trabajo:

- **Plan estratégico:** este documento como tal no existe ni está previsto en el reglamento de ordenación de la actividad cartográfica. Sin embargo, en el plan de actuación anual del IET, en el apartado de información geográfica, podemos encontrar las líneas estratégicas y las acciones que son similares a las que deberían aparecer en un plan estratégico. Sería recomendable incluir dentro del Plan Cartográfico un apartado que sirviera para determinar las líneas estratégicas del sistema corporativo. Estas líneas deben determinar unos objetivos operativos fácilmente identificables, cuantificables y poner límites temporales en cada una de las operaciones. Es necesario incluir también un procedimiento o fórmula para obtener el grado de cumplimiento global del plan a partir del grado de cumplimiento de los objetivos.
- **Normas de funcionamiento:** solo están redactados los procedimientos que tiene que ver algunos tecnológicos y de manera muy concisa. Este documento necesita que se contemplen todos los aspectos en los que intervengan los usuarios del sistema y divulgarse a través del gestor de conocimiento y mediante cursos de formación específicos.
- **Mecanismo de seguimiento:** este es un aspecto no se contempla en ninguna actuación relacionada con el sistema corporativo. Tampoco hay nada sobre este tema en el decreto antes mencionado. Es un elemento necesario para conocer la evolución del sistema y determinar aquellos aspectos que no se están desarrollando bien. Debería contemplarse en el Plan Estratégico en base a unos indicadores que se deben definir según los criterios

expuestos en el apartado 6.3.1.5. Los resultados, extraídos de los indicadores tendrían que ser evaluados por el IET y la Comisión de Coordinación mediante informes anuales.

Componente	Acciones propuestas	Dificultades	Coste
<b>Órgano de gobierno</b>	Fijan de reuniones. Activar grupos de trabajo.	Incentivar la participación.	Bajo
<b>Marco legal</b>	Desarrollar los instrumentos que propone.	Cumplimiento de los plazos previstos.	Nulo
<b>Plan estratégico</b>	Redactar en el Plan Cartográfico.	Delimitar objetivos operativos.	Medio
<b>Normas de funcionamiento</b>	Completar con los aspectos organizativos y sociales.	Buscar consenso.	Bajo
<b>Mecanismo de seguimiento</b>	Redactar en el Plan Cartográfico.	Definir indicadores.	Bajo

Tabla 7-4 Resumen de las acciones propuestas para cada uno de los componentes del modelo organizativo

## 7.2.2 Propuesta al modelo relativo a la información

Los temas relacionados con la captura, procesamiento y mantenimiento de los datos geográficos son los más costosos en la gestión de un sistema corporativo. La ausencia de un plan de producción cartográfica hasta la fecha no ayuda al desarrollo de este aspecto en el SIG corporativo de Galicia. Ninguno de los componentes planteados en el modelo está plenamente operativo en este sistema. Solamente los metadatos funcionan a un nivel aceptable. Para aplicar el diseño propuesto, se deben realizar las siguientes acciones:

- **Especificaciones de datos:** los tres modelos de datos disponibles hasta el momento del estudio son insuficientes, pues sólo cubren los elementos de las bases topográficas. Faltarían por elaborar las especificaciones de la información temática y de negocio de cada subsistema. Los documentos ya aprobados junto con los requerimientos de los sistemas departamentales deben servir de base para la redacción del resto de los temas. Además de la definición de las especificaciones, es necesario transformar los datos a los nuevos modelos. El mandato legal de cumplir con las especificaciones de datos de INSPIRE, junto con el trabajo que está haciendo el CODIIGE<sup>57</sup> para adaptarlas e interpretarlas, facilitan la realización de este trabajo.
- **Definición de los CDE fundamentales:** no hay definido ningún catálogo de este tipo de información. Es un asunto que se debe contemplar en la redacción del Plan Cartográfico en consenso con todos los posibles proveedores de datos dentro del sistema. Una vez determinados, es esencial disponer de las especificaciones de datos de estos temas.
- **Metadatos de datos y servicios:** el SIG corporativo comparte actualmente los metadatos con la IDEG. Son completos y conformes a las normas de INSPIRE. En este tema hay que incorporar los elementos necesarios a los metadatos de servicios, para el uso de los mismos por parte de las aplicaciones de una manera automática.

<sup>57</sup> <http://www.idee.es/web/guest/codiige>

- **Procedimientos de mantenimiento de la información:** para solventar los problemas sobre el ciclo de vida de un objeto geográfico, gestionar sus identificadores, editar geometría compartida por varios objetos y mantener la posibilidad de representación múltiple, es necesario disponer de herramientas de producción y actualización de datos geográficos. Son procedimientos complejos que deben diseñarse a partir de las especificaciones de datos, las normas técnicas y los requisitos de calidad.
- **Normas técnicas:** no hay documentos de este tipo definidos en la plataforma SIX corporativa. Son necesarios para determinar los aspectos de los procesos generales como: sistema de referencia, normas de calidad, identificadores, aerotriangulación, generalización, etc. Son temas que no quedan cubiertos por las especificaciones de datos por tratarse de técnicas de propósito general o procesos que afectan a diferentes ámbitos de la información.
- **Aseguramiento de la calidad:** estos mecanismos deberán figurar en las especificaciones de datos y seguir las normas técnicas definidas a tal efecto. Una vez desarrollados, deberán incorporarse a las herramientas para que se ejecuten correctamente los procedimientos marcados para asegurar cada uno de los aspectos de la calidad de la información que entra y sale del sistema.

En todos estos elementos se van a generar una gran cantidad de documentos técnicos que deberán ser almacenadas en el gestor de contenidos del sistema para facilitar el acceso a todos los usuarios.

Componente	Acciones propuestas	Dificultades	Coste
<b>Especificaciones de datos</b>	Redactar documentos restantes. Adaptar la información existente.	Depende de los requerimientos de los subsistemas.	Muy alto
<b>Definición de CDE fundamentales</b>	Redactar en el Plan Cartográfico con los posibles proveedores de datos.	Elaborar las especificaciones de datos de estos CDE.	Bajo
<b>Metadatos de datos y servicios</b>	Adaptar los metadatos de servicio.	Documentar bien los servicios.	Bajo
<b>Procedimientos para el mantenimiento de los datos</b>	Diseño de herramientas de software.	Participación de los departamentos. Elaboración compleja.	Alto
<b>Aseguramiento de la calidad</b>	Coordinar con las especificaciones de datos y las normas técnicas.	Incorporar en las herramientas de software.	Medio
<b>Normas técnicas</b>	Redactar en el Plan Cartográfico.	Coordinación a nivel nacional.	Alto

Tabla 7-5 Resumen de las acciones propuestas para cada uno de los componentes del modelo relativo a la información

### 7.2.3 Propuesta al modelo tecnológico

Como se aprecia en el resumen de la evaluación del sistema, los componentes de este tema, excepto el registro, están implantados. Su operatividad no es plena, y sobre todo les falta ajustarse a los niveles de interoperabilidad exigidos para el mejor funcionamiento de los sistemas departamentales implantados. La arquitectura actual está basada en servicios y una pequeña parte de los requerimientos planteados ya están cubiertos con los componentes tecnológicos en funcionamiento. A continuación, pasamos a comentar las acciones que se deberían realizar para ajustarnos al modelo propuesto:

- **Diseño de los servicios:** Ahora están funcionando para la IDEG y para determinados servicios internos. Tras la revisión de los servicios en funcionamiento, podemos decir que sería necesario adaptarlos a las especificaciones de datos, documentarlos con los metadatos de servicios y facilitar el posible encadenamiento de los mismos. Es importante empezar a incorporar servicios de procesamiento en la configuración actual.
- **Catálogo de metadatos:** no dispone de las características necesarias para ser utilizado por las aplicaciones sin necesidad de la intervención humana. Es imprescindible su adaptación e integración con el resto de las aplicaciones.
- **Registro:** es el único componente que se echa en falta en el diseño actual de la arquitectura de este sistema. Su presencia es prioritaria para el buen funcionamiento de las especificaciones de datos y los servicios.
- **Herramientas de edición:** es necesario diseñar aplicaciones que permitan realizar las tareas de edición de grandes volúmenes de datos geográficos acorde con las especificaciones de datos definidas y según diseño de procedimientos realizado en el modelo anterior. En la medida de lo posible, y según se vayan desarrollando las especificaciones técnicas, estas herramientas deberían utilizar servicios web para el acceso a las bases de datos.

Componente	Acciones propuestas	Dificultades	Coste
<b>Diseño de los servicios de información</b>	Adaptar a las especificaciones de datos, documentar con metadatos y facilitar el encadenamiento.	Para realizar esta labor influye la elección tecnológica del sistema.	Medio
<b>Registro</b>	Diseño y desarrollo,	Depende de las especificaciones de datos.	Bajo
<b>Catálogo de metadatos</b>	Integrar el uso de aplicaciones y servicios.	Diseñar un entorno con buena usabilidad.	Bajo
<b>Herramientas de edición</b>	Diseño y desarrollo de herramientas de software.	Ausencia de especificaciones para todos los procesos	Alto

Tabla 7-6 Resumen de las acciones propuestas para cada uno de los componentes del modelo tecnológico.

### 7.2.4 Modelo social

Este modelo lo conforman los **usuarios** y sus **necesidades**. Sea cual sea la función de estos, el SIG corporativo debe proporcionar los mecanismos y herramientas necesarias para satisfacer las demandas relacionadas con la información geográfica. A diferencia de una IDE, que gran parte de los usuarios son anónimos, aquí están identificados y por tanto no se necesitan comunidades de usuarios para recibir opiniones, sugerencias y solicitudes. En este sentido, creemos esencial que todos los usuarios estén bien representados en el órgano de gobierno del sistema y eso se cumple en el SIG corporativo de Galicia con el funcionamiento de la Comisión de Coordinación de Sistemas de Información Geográfica y Cartografía. El resto de los elementos necesitan mejorar y, en algún caso, redefinirse tal y como comentamos a continuación:

- **Requerimientos de usuario:** en los aspectos relativos a las necesidades de información, tendrá que estar contemplado en el Plan Cartográfico. En cuanto a las funcionalidades del sistema, debería redactarse como un anexo a este documento tras

escuchar las necesidades de los usuarios de los sistemas departamentales. Es necesario salvar las reticencias de los usuarios a participar en la elaboración de estos requerimientos.

- **Gestor de conocimiento:** ya existe un apartado en la intranet corporativa que hace esta labor, pero debería rediseñarse para contemplar los diferentes elementos que se proponen para añadir al SIG corporativo y toda la documentación y procedimientos relacionados.
- **Plan de formación:** debe contemplar todos los aspectos que conforman el sistema: manejo de herramientas y aplicaciones, comprensión de normas y modelos de datos, uso de servicios, procedimientos de mantenimiento de la información, etc.
- **Difusión del sistema e intercambio de experiencias:** a través de una serie de acciones diseñadas en coordinación con el plan de formación, se debería poner en conocimiento de todas las unidades de la administración las capacidades del SIG corporativo y fomentar su utilización en los procedimientos administrativos.

Este tema es el menos costoso presupuestariamente en relación al resto y su incidencia en el éxito del sistema es fundamental.

Componente	Acciones propuestas	Dificultades	Coste
<b>Requerimientos de usuario</b>	Definir en el Plan Cartográfico.	Escasa participación de los usuarios.	Medio
<b>Plan de formación</b>	Diseñar y poner en marcha.	Identificación de las habilidades de los usuarios.	Bajo
<b>Difusión del sistema</b>	Acciones para fomentar el uso del SIG corporativo.	Llegar a todos los usuarios.	Bajo
<b>Gestor de conocimiento</b>	Ampliar con los documentos generados para los distintos componentes.	Diseñar una buena usabilidad.	Bajo

Tabla 7-7 Resumen de las acciones propuestas para cada uno de los componentes del modelo social.

### 7.3 Estudio de la implementación del nuevo modelo

En general, las iniciativas de implantación de un SIG en una administración suelen surgir de manera relativamente “espontánea” en alguna de sus secciones en las que resulta una herramienta fundamental (urbanismo, cartografía, infraestructuras, etc.), o no siguen ninguna metodología de desarrollo bien definida (Morant, Martín, Jansson, Rubio, & Núñez, 2005). Cuando se decide desarrollar un SIG corporativo que aglutine estas iniciativas y permita a la organización obtener las ventajas que hemos ido describiendo a lo largo de este trabajo, nos enfrentamos a una implantación que debe estar bien planificada. No es admisible ejecutar esta tarea sin una programación y unas mínimas bases organizativas.

Si bien el seguimiento de una metodología de implantación concreta no determina el éxito garantizado del sistema, el hecho de disponer de unas directrices y un modelo a seguir es un inmejorable instrumento de actuación, proporciona un marco de reflexión sobre los innumerables factores y circunstancias que rodean el desarrollo de un proyecto SIG y,

fundamentalmente, permiten valorar si las condiciones técnicas, presupuestarias, organizacionales y culturales son las adecuadas en un momento concreto, y en última instancia, concretar aquellas acciones o decisiones necesarias para solventar las dificultades o barreras que se encuentren (Morant et al., 2005).

A la hora de implementar un sistema de este tamaño, hay diferencias entre la implementación que se apoya en el refinamiento de un sistema existente y la que se hace a través de un nuevo desarrollo (De Vries, Cromptoets, Stoter, & Vanden Berghe, 2011). Cuando se dispone de un sistema en funcionamiento, y tenemos que afrontar su rediseño teniendo en cuenta los elementos existentes, pues inciden en muchos aspectos. Condicionan ciertas elecciones en las tecnologías que pueden llevar a los llamados efectos de "bloqueo", porque una vez "atascados" con una tecnología en particular, el sistema se vuelve dependiente de la tecnología y de las limitaciones que genera en las funcionalidades. También se toma la normalización como un proceso más de institucionalización del sistema y el crecimiento de la infraestructura se realiza aprovechando ciertos acontecimientos que un momento dado abren oportunidades de crecimiento (disponibilidad de presupuesto, lanzamiento de nuevos proyectos, etc.)

Sin embargo, en los sistemas de nueva implantación, hay libertad para desarrollar la infraestructura desde una base clara y concisa; es posible elegir cualquier tecnología; las normas no deben ser gradualmente adoptadas, sino que puede decidirse su aplicación; la implantación del sistema es visto como el resultado de un proceso de desarrollo racionalmente planificado; y el diseño e implementación de la infraestructura de información puede seguir un proceso independiente de las estrategias organizacionales. Estas diferencias las resumimos en la tabla 7-7 en función de cinco criterios:

criterio	Sist. en funcionamiento	Nuevos sistema
<b>Desarrollo de la infraestructura tecnológica.</b>	Los elementos existentes inciden en el comportamiento de los actores que deciden.	Permite un grado de libertad en cualquiera de sus elecciones tecnológicas.
<b>Trayectoria secuencial de actividades y decisiones tecnológicas.</b>	Ciertas elecciones son dependientes de la tecnología y de las limitaciones en la funcionalidad de la misma.	En cualquier momento es posible elegir tecnologías alternativas y se puede actuar independientemente de las restricciones.
<b>Forma en que abordan las normas y la normalización.</b>	Es un desarrollo gradual hacia valores, prácticas y estándares ampliamente aceptados.	Como soluciones discretamente diseñadas para problemas de interoperabilidad
<b>Proceso de crecimiento del sistema corporativo.</b>	Se deriva de acontecimientos coincidentes o condiciones concurrentes.	Es el resultado de un proceso de desarrollo racionalmente planificado.
<b>Relación de las infraestructuras de información con las organizaciones que las gestionan.</b>	Interacción crucial e indispensable en la evolución de ambos aspectos.	El diseño e implementación de la infraestructura de información sigue un proceso independiente de otras estrategias de la organización.

Tabla 7-8 Diferencias entre el diseño de un sistema ex novo y el rediseño de uno existente (De Vries et al., 2011).

En la mayor parte de los casos, la implantación se realizará a partir de un sistema corporativo existente o de un conjunto de sistemas departamentales. En el caso de Galicia, el sistema está

en funcionamiento y para desarrollar el nuevo diseño procuremos, debemos contar con los condicionantes resumidos en la columna central de la tabla 7-8. Además, en el proceso de implantación tenemos que intentar respetar unos requisitos para evitar que el sistema esté abocado al fracaso. Morant et al. (2005) los resume en:

- Que todas las etapas sean completadas secuencialmente (Plan estratégico).
- Que los costes/beneficios del sistema puedan ser calculados con antelación (Planes de actuación).
- Que los usuarios finales sepan lo que quieren (Requerimientos de usuario).
- Que el trabajo necesario se conozca y pueda ser medido (Mecanismo de seguimiento, Gestor de conocimiento y Difusión del sistema).
- Que las aplicaciones, una vez diseñadas, puedan ser alteradas (Diseño de servicios y Herramientas de edición).

Si a estas recomendaciones le unimos la metodología que plantean (Witkowski, Rich, & Keating, 2003) para implantar un SIG corporativo y la aproximación paso a paso que describe documento *INSPIRE Architecture and Standards Position Paper* (Smits et al., 2002) para establecer una IDE, podemos establecer las siguientes acciones para conseguir adaptar la plataforma SIX corporativa de Galicia al modelo propuesto:

1. Redacción del plan estratégico con sus planes de actuación, financiación y mecanismo de seguimiento.
2. Documentación de los datos y tecnologías existentes en los diferentes sistemas departamentales
3. Acuerdos de acceso a los datos entre las diferentes unidades que componen el sistema.
4. Coordinación de los flujos de datos y de trabajo, y establecimiento de los requerimientos de usuario y de los datos fundamentales.
5. Establecimiento de las especificaciones de datos, las normas técnicas, os procedimientos de mantenimiento de la información y los procesos para asegurar la calidad.
6. Diseño de la arquitectura de sistemas que conforman la infraestructura.
7. Diseño y despliegue de los servicios, del registro y adaptación del catálogo de metadatos.
8. Aprobación de las normas de funcionamiento.
9. Desarrollo de aplicaciones.
10. Definición del plan de formación, rediseño del gestor de conocimiento y elaboración de un plan de difusión del sistema.

El orden de ejecución de estas acciones es importante, aunque eso no significa que hasta que no se finalice una de ellas, no se pueda empezar la siguiente. Tras la ejecución de las dos primeras, se podría plantear la elaboración de un cronograma que determine el comienzo de todas las dem.as. Sobre todo, es muy importante conocer los recursos financieros, técnicos y humanos con los que se cuenta para el desarrollo de la implantación.

## 7.4 Conclusiones del capítulo

Los SIG corporativos se conforman, además de como un potente instrumento de gestión y análisis de la información de un territorio, como un elemento clave que facilita el proceso de adecuación de las organizaciones al nuevo paradigma socio-tecnológico de la sociedad de la información. La mayor parte de los problemas que impiden la implementación y funcionamiento óptimo de los SIG corporativos no son problemas de tipo técnico, sino dificultades de carácter metodológico, organizativo o derivadas de la inadecuación y rechazo de la organización y de los individuos a los procesos de cambio impuestos por la nueva situación (Morant et al., 2005). Con el modelo de SIG corporativo que hemos alcanzado en este trabajo y siguiendo una estudiada metodología de implementación, disponemos de una base sólida para establecer un SIG corporativo que atienda a las necesidades de una administración pública y permita el uso de la información geográfica en todos sus procedimientos.

En el caso de aplicación que hemos estudiado en este capítulo, hemos podido ver que, aunque existe un SIG corporativo implantado en la administración gallega, hay mucho margen para la mejora de su funcionamiento. La falta de desarrollo de la mayor parte de los componentes y los déficits de interoperabilidad en el sistema, demandan un rediseño del sistema. Esta labor no sería sencilla, pues como hemos comprobado a lo largo del trabajo, hay una serie de factores que pueden bloquear su desarrollo y, por tanto, debemos tenerlos en cuenta en todas las fases de la implementación del sistema. Estos “bloqueadores” aparecen muy bien resumidos en el documento *Data Specification Framework for the FSDP* (Box et al., 2015) del gobierno australiano, y una gran parte de estos se pueden utilizar en este caso:

- Existe una **plataforma instalada** que evoluciona lentamente. No sólo desde el punto de vista tecnológico, sino también en cuanto a procesos, prácticas corporativas y relaciones institucionales y personales.
- El **coste de cambiar** los sistemas, procesos y habilidades de las personas en las actuales cadenas de suministro es alto. Es necesario consignar un presupuesto que sea programado por los planes anuales de actuación.
- **Aversión al riesgo**. Ante un posible cambio de enfoque algunas personas y organizaciones prefieren el statu quo en lugar de adoptar métodos nuevos y quizás más riesgosos.
- **Comprensión de la nueva propuesta** por parte de los responsables de tomar las decisiones en las diferentes unidades respecto a su integración en un nuevo sistema y, por tanto, una nueva forma de trabajar.
- **Identificación con el problema**. Muchas personas y departamentos no son capaces de identificarse con el problema porque trabajan en un contexto limitado y no pueden ver el panorama más amplio de la gestión global.

Para concretar, dado que en este capítulo hemos realizado una simulación teórica de cómo se debería implantar el modelo propuesto, podemos decir que su implantación real no es una tarea sencilla. Es imprescindible en primer lugar una voluntad política que comprenda el problema y decida poner una solución. Luego es necesario contar con recursos que permitan desarrollar los

diferentes componentes y, por último, es preciso una convicción por parte de los usuarios de que se puede trabajar de otra forma. Porque, en definitiva, la implantación de un SIG corporativo consiste en establecer una nueva forma de relación de los usuarios con la información geográfica.

# 8 Conclusiones

La propuesta de esta tesis surge de la necesidad de disponer de un modelo a seguir para la implantación de un sistema de información geográfica en un entorno corporativo de grandes dimensiones, como es el caso de una administración pública, que, además, asume responsabilidades en la gestión de información sobre el territorio. Como resultado de la investigación realizada en el marco de este trabajo, se lleva a cabo una pormenorizada evaluación del funcionamiento de un conjunto de iniciativas con valor significativo a nivel mundial, se repasan los marcos de referencia y componentes que se emplean para implantar infraestructuras de datos espaciales, se revisan los mecanismos implementado para organizar la información geográfica, se propone, finalmente, un modelo de SIG corporativo y se lleva a cabo una valoración de su hipotética aplicación en un caso de estudio.

En este último capítulo, exponemos las conclusiones finales del trabajo, comprobamos la viabilidad de las hipótesis planteadas, revisamos el cumplimiento de los objetivos del trabajo y proponemos nuevas cuestiones para futuros trabajos que puedan seguir y complementar esta misma línea de investigación.

## 8.1 Conclusiones generales

Los gobiernos necesitan disponer de información abundante y accesible que les apoyen y refuercen en la toma de decisiones, cuando gestionan sus políticas públicas y a la hora de ofrecer a los ciudadanos documentos oficiales. El desarrollo e implantación de las tecnologías de la información y comunicación en los años 90, llevó consigo implícita y simultáneamente una transformación en la forma de relacionarse de las administraciones públicas con los ciudadanos. Aparece la administración electrónica, y con ella, emergen conceptos tales como compartir, intercambiar y reutilizar en relación con la información pública. Esto obliga a cambiar la forma de trabajar con dicha información y a implantar sistemas de información que trabajen siguiendo estas premisas, que permitan gestionar los recursos disponibles de manera óptima y que, finalmente, lleven a cabo de manera eficaz los procesos propios de cada departamento de la administración.

Entre esta información de carácter público situamos los datos geográficos, que, históricamente han estado definidos por su valor estratégico, lo que, las más de las veces, ha provocado de su uso haya sido reservado y limitado. Las administraciones públicas normalmente han gestionado estos datos de manera compartimentada, lo que ha provocado que, en numerosas ocasiones, se duplicaran esfuerzos en la fase de captura de información por parte de diferentes unidades de la misma administración, elevando considerablemente los costes de gestión y limitando la operatividad de los sistemas de información geográfica, lo que los inexorablemente lleva esta

iniciativa al fracaso. La aparición de las políticas antes mencionadas que fomentaban el compartir datos, provocó a mediados de los años 90 un replanteamiento de los sistemas de gestión de la información georreferenciada. Ahora no solo tenían la finalidad de administrar los datos geográficos, sino que también debían facilitar su incorporación en los procesos de la vida cotidiana. En este sentido, todos los autores hacen referencia a la Orden Ejecutiva 12906 del gobierno estadounidense (Clinton, 1994) como punto de partida para el reconocimiento de la información geográfica como un elemento fundamental “para promover el desarrollo económico, mejorar nuestra administración de los recursos naturales y proteger el medio ambiente”. En Europa este impulso llega más tarde, pero con mucha más fuerza. En el año 2002 se lanza la iniciativa INSPIRE (Wallstron et al., 2002) con el objetivo de regularizar la disponibilidad y acceso a la información geográfica.

Al mismo tiempo que los gobiernos estimulan estas iniciativas, la industria y los organismos de normalización desarrollan la tecnología, las especificaciones y los estándares que posibilitan que la información sea intercambiada por sistemas y aplicaciones, y llegue así a todos los usuarios. Se empieza a hacer referencia a infraestructuras de datos espaciales como la herramienta que hace posible este nuevo paradigma en la gestión de la información geográfica. Estos instrumentos están formados por metadatos, conjuntos de datos espaciales y los servicios de datos espaciales; los servicios y tecnologías de red; los acuerdos sobre puesta en común, acceso y utilización; y los mecanismos, procesos y procedimientos de coordinación y seguimiento establecidos, gestionados o puestos a disposición de los ciudadanos y de otras administraciones (Parlamento Europeo, 2007).

La noción de infraestructura de datos espaciales denota confianza, prestación de servicios y uso de la información sin barreras. Se considera como una extensión de un SIG de escritorio, donde los datos recogidos por diferentes organismos pueden ser buscados, localizados, y usados acorde a políticas de acceso a la información. La interoperabilidad es el concepto clave para que estos sistemas de información y las aplicaciones puedan intercambiar datos y facilitar la puesta en común de información y conocimientos. Esta capacidad no sólo depende de la tecnología, sino que debe contemplarse también a nivel organizativo, en los aspectos semánticos de la información e, incluso, desde el punto de vista legal.

Los gobiernos necesitan utilizar los sistemas de información geográfica para la toma de decisiones en el territorio y para gestionar la información geográfica que producen para otros fines. La IDE permite intercambiar y reutilizar los datos entre sistemas de información de diferentes organizaciones, y posibilita que los usuarios externos a una organización pueden disponer de la información para realizar sus tareas, pero *¿las IDEs sirven para gestionar internamente la información geográfica en una organización?, ¿pueden sustituir a los sistemas corporativos o se complementan para mejorar el funcionamiento de ambos? y ¿se pueden usar los componentes de una IDE en la construcción de un SIG corporativo?*

A estas preguntas queremos responder en este trabajo. Para ello, primero se hace una revisión y valoración de los componentes, el funcionamiento y la organización de una serie de iniciativas que, unas con el nombre de SIG corporativo y otras denominadas IDE, desarrollan dentro de una administración pública las tareas de captura, almacenamiento, gestión, procesamiento y difusión de la información geográfica de un territorio.

*En este examen realizado en ocho iniciativas a nivel regional*, implantadas en diferentes países de larga tradición en la gestión de la información geográfica, podemos determinar que el desarrollo de los marcos legislativos es esencial en el funcionamiento de una herramienta de este tipo. Aquí tienen ventaja los países europeos, que gracias al desarrollo los trabajos de la Directiva INSPIRE, han puesto en marcha proyectos en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), y son un modelo a seguir a nivel mundial.

Por lo general, este impulso legislativo se traduce en apoyo político al proyecto y reconocimiento de que la localización es un aspecto fundamental para la toma de decisiones y el desarrollo económico de un territorio. Para su gestión, se han dotado de unos órganos de dirección y coordinación con una alta representatividad, donde participan las diferentes unidades de la administración, ya sean proveedores o simplemente usuarios. Además, en las regiones económicamente más desarrolladas, también está presente el sector empresarial relacionado con la geomática.

Igualmente, queda demostrado que los sistemas de información que incorporan bajo su coordinación los datos y servicios de otras administraciones en los diferentes niveles de gobierno, adquieren una mayor fortaleza y consiguen reducir los costes de producción de la información. A medida que los distintos proyectos van evolucionando, es imprescindible llegar a acuerdos sobre la utilización y el mantenimiento de los conjuntos de datos de referencia entre los diferentes departamentos y demás administraciones presentes en el mismo territorio. Este aspecto está muy bien gestionado a nivel nacional en Canadá, Australia y Nueva Zelanda, y sus iniciativas en la definición de la producción e intercambio de los datos fundamentales son ejemplos a seguir.

Las políticas de datos abiertos se han impuesto sobre las iniciativas encaminadas a la recuperación de la inversión, lo que ha transformado sobre manera el diseño de los sistemas corporativos, abriéndolos hacia el exterior e incorporando a los ciudadanos y al sector privado como usuarios de la información que gestionan. No es de extrañar que incluso la denominación pase de SIG corporativo a IDE. Otro hecho que se ha constatado en el estudio de estas iniciativas, es que en aquellos países que disponen de regiones con un alto grado de desarrollo en sistemas de información geográfica dentro de sus gobiernos (Alemania, Bélgica y Australia, por ejemplo), las IDEs nacionales realizan una labor coordinadora y aglutinadora, sin necesidad de grandes desarrollos de tecnología e información.

*En cuanto a los componentes que se están utilizando para poner en marcha las infraestructuras de datos espaciales*, comprobamos que hay diferentes formas de describirlos y de clasificarlos. En la revisión realizada sobre la evolución de estas infraestructuras, se constata que la forma de concebirlas va cambiando con el paso del tiempo, pero sobre todo, con el desarrollo de la tecnología. Se ha pasado de modelos de IDE centrados en los datos a modelos centrados en el usuario, pasando por las IDEs enfocadas a los procesos. Actualmente nos encontramos en la tercera generación, donde la abundancia de datos en los diferentes nodos, el desarrollo tecnológico y los cambios de políticas de datos hacia el uso sin restricciones, posibilitan la construcción de iniciativas en las que los usuarios de todo tipo, pueden acceder a la información geográfica desde multitud de aplicaciones, dispositivos o plataformas.

Las IDEs dejan de verse como un conjunto de tecnologías y pueden pasar a ser consideradas como una amalgama de componentes que se pueden clasificar o agrupar en cuatro categorías: tecnológicos, organizativos, relacionados con la información y sociales. Tras el estudio de las diferentes arquitecturas y modelos de referencia de las principales infraestructuras de datos espaciales a nivel mundial, podemos determinar que es imprescindible fijar un marco de referencia que sirva de guía para desarrollar todos los componentes y determinar la relación entre ellos. Desde el punto de vista tecnológico, es recomendable utilizar la Arquitectura Basada en Servicios (SOA), y basarse en la familia de estándares ISO 19100 para asegurar el cumplimiento de los esquemas globales de interoperabilidad. También se observa que los aspectos políticos (organizativos y sociales) son más críticos que el resto de los componentes en el proceso de consolidación de una IDE.

*En cuanto a los datos geográficos*, como componente principal y el más costoso de cualquier sistema de información, es necesario disponer de mecanismos para facilitar el intercambio, evitar su heterogeneidad, fomentar la reutilización y ordenar su producción y actualización. La mayor parte de estos requisitos se consiguen definiendo unas especificaciones de datos con calidad, disponiendo de una catalogación estandarizada (metadatos) y realizando una definición clara de conjuntos de datos fundamentales. Son elementos de cuya importancia no cabe discusión posible, pero hay que valorar con que profundidad se pueden acometer y posteriormente, mantener, pues su coste inicial en tiempo y recursos es muy alto. Aunque si se consigue que funcionen óptimamente, implica un gran ahorro de esfuerzos y dinero en la gestión de la información geográfica.

Estas son las conclusiones generales obtenidas tras un encuadre inicial sobre la organización de los datos geográficos en los entornos corporativos, el examen de ocho sistemas de información que realizan estas funciones en diferentes partes del mundo, la revisión de las arquitecturas, modelos de referencia y estándares definidos para la implementación de IDEs, y el análisis de los trabajos y normas para la modelización de los datos geográficos. Con esta abundante recopilación de información, metodologías y casos de aplicación desarrollamos un modelo de SIG corporativo considerando los aspectos organizativos, tecnológicos, sobre información y sociales que se están utilizando a nivel mundial para la puesta en marcha de las infraestructuras de datos espaciales.

*El modelo de SIG corporativo que proponemos como resultado de este trabajo*, tiene una primera parte que describe las consideraciones previas que hay que tener en cuenta antes de pasar a la configuración del sistema en cuestión. La primera de ellas es la incidencia del marco legal en vigor bajo el que tiene que funcionar la organización que desea utilizar este modelo. Como se ha comentado en varias secciones de esta tesis, el marco legal es determinante para el progreso y evolución del SIG corporativo y, por lo tanto, es el primer elemento a tener en cuenta. El caso de no contar con este instrumento no implica que la implantación sea más fácil, sino que, al contrario, la organización debe pelear para que sea amparado por un marco legal que le permita trabajar y evolucionar en su desarrollo. También es prioritario determinar unos principios básicos de funcionamiento, identificar los tipos de usuarios, elegir un modelo de referencia y analizar en profundidad los requerimientos de los usuarios, de la organización y del marco de interoperabilidad bajo el que se va a trabajar. En este modelo se ofrecen las pautas

para definir estos elementos con unas referencias a casos que ya están funcionando en varios países del mundo.

La segunda parte del modelo describe la propuesta de SIG corporativo desde cinco perspectivas, utilizando una metodología similar a la descripción que propone el Modelo de Referencia para el Procesamiento Abierto y Distribuido (RM-ODP) que comentamos en el capítulo 4. El primer punto de vista es el organizativo, donde se propone la forma de gobierno del sistema, un modelo organizativo, su relación con el marco normativo y la necesidad de contar con un plan estratégico. La segunda perspectiva es la relativa a la información que gestiona el sistema, donde se tiene en cuenta la identificación de las fuentes de datos, la definición de los conjuntos de datos fundamentales y la imprescindible elaboración de especificaciones de datos. Junto a estos aspectos se ofrecen directrices sobre el aseguramiento de la calidad, el mantenimiento y la catalogación de los datos que forman parte del sistema. El tercer apartado trata sobre la configuración informática del sistema. Muestra el sistema desde un punto de vista computacional, asumiendo la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) como la elegida por la norma ISO 19119 para realizar la tarea de transportar los datos a las aplicaciones. También describe los conceptos para configurar el encadenamiento de servicios y su taxonomía; y detalla otros elementos cruciales para facilitar el intercambio de datos entre aplicaciones y sistemas, como los catálogos y los registros. En relación con los dos últimos aspectos, la tecnología y la infraestructura, simplemente se enumeran las nociones que se deben contemplar, pero no se desarrolla en detalle puesto que ello implicaría adentrarse en conceptos informáticos de alto nivel, que se escapan del campo de la geomática.

*La descripción de un caso de estudio* ofrece la oportunidad de contrastar el modelo con una iniciativa en funcionamiento, necesitada de un empuje en los aspectos organizativos y relativos a la información. En este caso, sobre la iniciativa que funciona en la comunidad autónoma de Galicia, primero se efectúa un examen sobre su operatividad y después se contrasta con el modelo propuesto en esta tesis, analizando componente a componente. Se proponen acciones, se esbozan recomendaciones, se alerta de las posibles dificultades y se valora su puesta en marcha. También se propone una metodología para implementar el modelo detallando los pasos a seguir. Como resultado, disponemos de una guía para conseguir un SIG corporativo con las mejores funcionalidades, siguiendo los estándares internacionales y cumpliendo los criterios de interoperabilidad en todos los niveles recomendados.

## 8.2 Comprobación de las hipótesis

A continuación, procedemos a la comprobación de las hipótesis presentadas en el primer capítulo a partir de los resultados obtenidos en la investigación. La primera hipótesis considera que:

***Las funcionalidades y componentes de un SIG corporativo no pueden ser sustituidos o reemplazados en su totalidad por la puesta en marcha de una IDE.***

La llegada de las infraestructuras de datos espaciales dio un vuelco a la forma de compartir la información geográfica y facilitó la llegada de los datos georreferenciados a cualquier tipo de sistema o aplicación informática. Sin embargo, en muchas organizaciones se pensó que,

implantando una IDE, se podrían solventar los problemas de producción y gestión de los datos geográficos. El desarrollo tecnológico, el establecimiento de legislación para favorecer el uso y reutilización de la información y la proliferación de estándares a principios de este siglo, motivó que una gran parte de los gobiernos establecieran los mecanismos para la implantación de estas infraestructuras en los diferentes niveles de la administración pública. Con un servidor, una base de datos y unas sencillas aplicaciones, se podía poner en funcionamiento un geoportal con un visualizador, unos metadatos y algún que otro servicio bajo la denominación de IDE. Esto ha ocurrido en una gran parte de las administraciones públicas, por lo menos en lo que a España se refiere.

Únicamente con la implantación de una IDE por medio de la cual se comparte y aproxima la información geográfica a numerosos usuarios, no se resuelven las numerosas necesidades que presenta un gobierno en relación al uso de los datos georreferenciados para la toma de decisiones. Aunque en la IDE se contempla el uso de modelos de datos armonizados para permitir la interoperabilidad de los sistemas y aplicaciones, no es habitual que se implanten aplicaciones para la captura y actualización de los datos. Esta labor la realizan sistemas que funcionan al margen, y que luego traspasan los conjuntos de datos a los servidores para hacerlos accesibles en forma de servicios. Como ejemplo, en la iniciativa más completa a nivel mundial como es INSPIRE, ya se advierte en el considerando número 13 de la propia directiva (Parlamento Europeo, 2007) que “no debe imponer requisitos para la recogida de nuevos datos, ni para la transmisión de dicha información a la Comisión, ya que estos aspectos están regulados por otras disposiciones de medio ambiente”.

La captura, edición y mantenimiento de los datos geográficos es una tarea altamente costosa que deben realizar los técnicos competentes en cada uno de los temas. Por lo general, esta labor se realiza con sistemas de información geográfica, que necesitan seguir una normas y procedimientos para resolver esta tarea de una manera lo más eficiente posible. Además, es conveniente que los usuarios tengan formación y estén identificados para asegurar la calidad de la información, conocer sus requerimientos y proporcionarles las utilidades necesarias para el desarrollo de su trabajo. En algunas IDEs se están implantando aplicaciones para la actualización y mantenimiento de determinados datos, pero son todavía demasiado sencillas para las necesidades reales en algunos temas.

Otras operaciones que realmente son problemáticas en una IDE son las relacionadas con el manejo de grandes volúmenes de datos en la ejecución de análisis, modelizaciones u otro tipo de procesamientos que no pueden hacer uso de los servicios web como fuente de datos. Con el desarrollo actual de la tecnología y los estándares, realizar operaciones complejas sobre extensiones de territorio de gran tamaño y con acceso a varias capas de información es prácticamente imposible de efectuar. Alguna de estas operaciones se realizan para crear nuevos datos o para realizar complicadas consultas cuyos resultados requieren gran tamaño de almacenamiento, y sólo se pueden realizar sobre aplicaciones de escritorio contra bases de datos geográficas o grandes sistemas de almacenamiento en disco.

En cuanto al modelo organizativo, se nos plantean ciertas dudas sobre la certeza de esta hipótesis. Por la propia concepción de una IDE, como un conjunto de nodos en red con autonomía propia, se puede dar a entender cierto grado de libertad en el funcionamiento de

cada unidad. Las labores internas de una organización necesitan seguir unas pautas controladas por un órgano de gobierno que evite los comportamientos heterogéneos sobre todo en la producción de datos compartida entre diferentes departamentos. Este es un punto que nos puede llevar a pensar que, con una buena organización y normas adecuadas, con la IDE sí se podrían realizar las funciones de SIG corporativo, haciendo que las diferentes unidades o departamentos mantengan una férrea disciplina en los procedimientos internos y el cumplimiento de las normas.

A pesar de esta última duda, tras la revisión de los SIG implantados y los componentes de las IDEs, es evidente la necesidad de disponer de un sistema de información geográfica corporativo para soportar los procesos de captura, edición y análisis de la información geográfica, satisfacer los procedimientos y requisitos propios de una administración pública moderna y ayudar a la toma de decisiones.

Además, su puesta en marcha favorece el funcionamiento de la IDE, como vamos a comprobar con la segunda hipótesis, cuyo enunciado dice:

*Para un mejor funcionamiento de una IDE es necesario que exista un SIG corporativo que se comporte como un instrumento para organizar y gestionar internamente la información geográfica de una institución.*

La implantación de un SIG corporativo implica el desarrollo de una infraestructura tanto de personal como de servicios que trabajan juntos para proporcionar recursos de localización a las diferentes unidades de negocio o departamentos de una organización. Otro objetivo de este tipo de sistemas consiste en dotar de funcionalidad geográfica a las actividades corporativas tradicionales, no optimizadas previamente para soportar información y servicios geográficos. Para poder desempeñar estas funciones, es imprescindible identificar las actividades corporativas que dependen de la localización espacial y satisfacer sus necesidades con datos y servicios geográficos adecuados para mejorar su rendimiento. Estos SIG departamentales, y sus aplicaciones, que son los que verdaderamente proporcionan beneficios a la organización, suelen estar implementados de manera aislada, sin homogeneidad en su diseño y sin prever la posible interacción con otros sistemas.

La puesta en marcha de una IDE en esa organización, posiblemente facilite que estos sistemas aislados se puedan abastecer de los datos servidos por ésta, pero se da por hecho que es realmente complicado que la propia IDE distribuya la información de estos sistemas a través de sus servicios de una manera directa. En muchas iniciativas, hemos encontrado que el intercambio de datos entre SIG departamentales y los nodos IDE se realiza de manera manual, en numerosos casos utilizando ficheros, de forma que no existe una conexión directa. Además, para ganar en rapidez en los servicios de la IDE, gran parte de esta información es estática, en forma de cachés, de manera que los datos no se pueden consultar tal y como están en la fuente original. La falta de interoperabilidad entre los sistemas departamentales es un obstáculo insalvable. La existencia de un SIG corporativo que facilite la interoperabilidad a nivel semántico para armonizar la información entre las diferentes unidades, la interoperabilidad técnica para que los sistemas y aplicaciones intercambien datos y la organizativa para que no se dupliquen

procesos o tareas, es imprescindible en cualquier organización que desee disponer de una IDE para conseguir que cualquier tipo de usuario pueda acceder y usar todos sus datos.

Otra razón que confirma esta segunda hipótesis está relacionada con el papel que juegan los usuarios como productores de información. Un SIG corporativo va a disponer de usuarios formados, que asumen una forma de trabajar en comunidad y participan en los requerimientos. La organización consigue unas mejoras operativas que reducen los costes en la gestión y facilitan la creación de nuevos productos y servicios, lo cual redundará en un incremento de la oferta de datos de la IDE a un coste más reducido. Por tanto, tras estos argumentos, queda ampliamente confirmado que una IDE va a desarrollarse mejor y podrá ofrecer más productos si está sustentada sobre un SIG corporativo, como enunciábamos en nuestra hipótesis.

Aunque, la parte negativa de esta afirmación es que en estos casos es necesario mantener dos sistemas para la gestión de la información geográfica, el SIG corporativo y la IDE, lo que conlleva a un aumento en los recursos para su implantación y administración. Este argumento, nos lleva a plantear la tercera hipótesis:

*Los fundamentos usados para implantar un SIG corporativo tienen que seguir las pautas marcadas por la tecnología y los estándares para la construcción de infraestructuras de datos espaciales, de manera que el funcionamiento de ambos sea lo más eficiente posible.*

Hasta la aparición de las infraestructuras de datos espaciales, coincidiendo también con los avances en las TIC, los SIG corporativos estaban formados por una colección de puestos de trabajo con herramientas SIG de escritorio y una base de datos centralizada sobre la que todos trabajaban para almacenar, editar y analizar información geográfica. A veces, también se añadían aplicaciones *ad-hoc* para facilitar el uso de la información por usuarios menos expertos. El progreso en las comunicaciones, el desarrollo de estándares y la versatilidad del software facilitó el intercambio de información entre diferentes sistemas dentro de la misma organización y en algún caso, hasta en el exterior de la misma.

Siguiendo los argumentos expuestos en las hipótesis anteriores, si una administración pública dispone de una IDE y un SIG corporativo, se encuentra en una situación donde la gestión interna de la información geográfica es óptima, los usuarios disponen de servicios y productos suficientes para la toma de decisiones y las diferentes aplicaciones pueden usar la localización en sus procedimientos. Pero si el diseño y el marco de referencia de ambas herramientas siguen caminos diferentes, nos encontramos con una duplicidad en muchos de sus componentes, con el consiguiente gasto de implementación, aumento de la complejidad tecnológica y necesidad de más recursos para su administración.

Para unificar y armonizar el diseño de ambos sistemas, sólo cabe la opción de que el SIG corporativo se construya siguiendo el mismo modelo de referencia que la IDE. Hacer otra cosa, supondría ir en contra de todas las iniciativas que hemos visto a nivel mundial pues, aunque con diferencias y matices, las infraestructuras de datos espaciales están construyéndose siguiendo los mismos patrones de arquitecturas basadas en servicios, utilizan las especificaciones OGC y sus componentes se diseñan de acuerdo a las normas de la familia ISO 19100.

Una gran parte de los componentes que se necesitan para ambos instrumentos pueden ser compartidos, por lo menos en las fases de diseño y construcción. Determinada información de trabajo, servicios para aplicaciones internas y desarrollos informáticos para la captura, edición y mantenimiento de datos permanecerán únicamente dentro del SIG corporativo. Los trabajos más complejos y costosos, como son la elaboración de especificaciones de datos, los procedimientos para asegurar la calidad y la creación de metadatos, servirán para satisfacer ambos sistemas. También compartirán la infraestructura que debe soportar el movimiento de la información entre los diferentes componentes y la elección de los objetos tecnológicos que materializan de una manera física y lógica el diseño de los componentes (software para base de datos, para servicios y para el desarrollo de aplicaciones).

Uno de los puntos clave en el diseño del SIG corporativo usando los fundamentos de una IDE son las operaciones de edición compartida de la información. Hemos comentado en los puntos anteriores que éste es uno de los aspectos que diferencia el sistema corporativo de la IDE. Si seguimos el marco de referencia tecnológico en el diseño de estos procedimientos, se deberían construir a basándose en servicios web interoperables. Como se ha constatado en el examen de la norma ISO 19119 (ver Apéndice II), hay servicios definidos en la misma para realizar estas operaciones, pero las especificaciones de la industria y las normas no están completamente desarrolladas. Este puede ser uno de los principales cuellos de botella en la implantación de este sistema. No impediría su construcción, pero no podríamos utilizar especificaciones abiertas para su ejecución.

Con la progresiva madurez de la tecnología SIG, la mayor parte de las dificultades y barreras que impiden la implementación y funcionamiento óptimo de los SIG corporativos no son problemas de tipo técnico, sino dificultades de carácter metodológico, organizativo o derivadas de la inadecuación y rechazo de la organización y de los individuos a los procesos de cambio impuestos por la nueva situación (Morant et al., 2005).

La hipótesis planteada queda comprobada con el modelo aportado por este trabajo. Se puede construir un SIG corporativo con los componentes tecnológicos, los modelos para gestionar los datos y una gran parte de los aspectos organizativos que se utilizan en la actualidad para desarrollar las iniciativas de infraestructuras de datos espaciales.

### 8.3 Cumplimiento de los objetivos y aportes a la investigación

Como se enumera en el primer capítulo, los objetivos de esta investigación son:

*Describir y clasificar los componentes utilizados en el desarrollo de las infraestructuras de datos espaciales.*

Este objetivo se desarrolla en el capítulo 4 del documento. Para identificar los componentes, primero se estudian los marcos de referencia que se utilizan para determinar las arquitecturas de estos sistemas. Para comprender su estructura, se examinan las propuestas tecnológicas de INSPIRE (Europa), FGDC (Estados Unidos), GeoConnections (Canadá), ANZLIC (Australia y Nueva Zelanda), junto a las propuestas de ISO y OGC. A continuación, analizamos a evolución en el tiempo de las infraestructuras de datos espaciales, detallando las características

de las tres generaciones que se contemplan en la literatura revisada. A partir de todos los referentes estudiados y las aportaciones de diferentes autores, proponemos una clasificación de los componentes y una descripción de su comportamiento dentro de un sistema de información.

La clasificación aportada en esta investigación es la que utilizamos de referencia en la descripción del modelo de SIG corporativo propuesto como objetivo principal de esta tesis.

***Aumentar el conocimiento sobre la elaboración de modelos de datos y su influencia en el intercambio de datos entre sistemas de información, y en especial en un entorno corporativo.***

La investigación sobre este tema se desarrolla en el capítulo 5 utilizando de referencia la base conceptual definida en la familia de normas ISO 19100. Para comprender mejor el trabajo de modelización, se empieza revisando todos los conceptos y terminología necesarios para entender estas normas. Se continúa repasando las diferentes normas que afectan a los procesos de definición e intercambio de información geográfica entre sistemas, especialmente la ISO 19131 que describe los requisitos para elaborar las especificaciones de producto de datos. Luego se pasa a revisar las características de la información en un entorno corporativo, los elementos de interoperabilidad y los procesos de armonización de datos. Para completar el estudio sobre cómo se deben formalizar los datos dentro de un sistema de información, hacemos un repaso a distintas experiencias de especificaciones de datos, presentamos el papel de los metadatos en este aspecto y proponemos una metodología para elaborar estos documentos.

Como aporte a la investigación podemos reseñar la descripción de las características de los datos dentro de un SIG corporativo, el estudio comparativo sobre la consideración de conjunto de datos fundamentales para un sistema y la reflexión sobre la importancia de las especificaciones de datos, incluyendo un análisis coste-beneficio respecto a su elaboración.

***Diseñar un modelo de SIG corporativo a partir de los fundamentos empleados para la construcción de IDEs***

Este es el objetivo principal de la tesis y como tal, se describe en el capítulo 6. Todos los resultados, deducciones, análisis y conclusiones sobre la organización de la información geográfica en un entorno corporativo (capítulo 2), los componentes tecnológico y organizativos en las IDEs, el tratamiento de los datos dentro de un sistema y el estudio del funcionamiento de una serie de SIGs corporativos (capítulo 3) han servido para conseguir un modelo de SIG corporativo en consonancia con los marcos de interoperabilidad vigentes, acorde con el desarrollo tecnológico actual y adaptado a los estándares internacionales de gestión de la información geográfica. No sólo se presenta como una colección de elementos tecnológicos, sino que aporta referencias organizativas, procedimientos, metodologías y elementos relacionados con los usuarios.

Este modelo, y por lo tanto esta tesis, aporta una nueva forma de ver la gestión de la información geográfica en un entorno corporativo. Dejamos a un lado los aspectos tecnológicos y resaltamos la importación del resto de los componentes que podríamos llamar “no técnicos”. No queremos

decir que no haya que estudiar y tener en cuenta la tecnología, pero el éxito de la implantación de un SIG corporativo en una administración pública depende en gran medida del impulso organizativo (político) y de la implicación de los usuarios en su funcionamiento.

## 8.4 Futuras líneas de investigación

Como resultado de este trabajo, se recomienda que los futuros esfuerzos de investigación se puedan centrar en los siguientes aspectos: unos para mejorar el modelo propuesto y otros para avanzar en la implantación de nuevas tecnologías.

### 8.4.1 Líneas derivadas del trabajo actual

Como comentamos a lo largo del trabajo, el diseño realizado tiene un nivel de concreción conceptual y funcional centrado en los aspectos relacionados con la organización del sistema, la información y las aplicaciones. Para completar el trabajo, sería interesante alcanzar un nivel de aplicación en esos aspectos y desarrollar los modelos relacionados con la tecnología y la infraestructura del sistema. Las tareas que proponemos son:

- Describir la arquitectura del sistema utilizando el lenguaje UML siguiendo las pautas que determina el Modelo de Referencia ODP. Sugerimos la idea de formalizar la arquitectura completa del sistema utilizando las cinco perspectivas que proporciona esta norma. Habría que describir y representar cada uno de los componentes mediante diagramas UML indicando su comportamiento, relaciones y responsabilidades.
- Definir en profundidad los puntos de vista tecnológico y de ingeniería. Como sugeríamos en el desarrollo del modelo, estos aspectos del sistema se escapan de los conocimientos de la geomática y se adentran en la informática de sistemas. Esta sería una línea de investigación para colaborar con especialistas en esta materia.
- Estudiar los procesos de edición de la información mediante servicios de información geográfica. En el trabajo se ha examinado este tema, pero no se ha podido profundizar en el diseño y funcionamiento de este tipo de servicios que, aunque se contemplan en la norma ISO 19119, no tienen especificaciones desarrolladas. Las tareas de actualización se suelen realizar con aplicaciones de escritorio, y como se ha comentado en el desarrollo del trabajo, para los requerimientos de la edición de los datos corporativos, es necesario desarrollar herramientas basadas en el uso de servicios web.

### 8.4.2 Nuevas líneas de trabajo

A lo largo de la revisión realizada en los documentos estratégicos de los proyectos que funcionan en los diferentes países, hemos constatado tres ideas que empiezan a aparecer relacionadas con la gestión de la información geográfica:

- Uso de la computación en la nube, o *Cloud Computing*. Un SIG corporativo tiene grandes necesidades de hardware y de procesamiento. En muchos casos, la falta de servidores adecuados, ralentiza o bloquea los procesos, y los usuarios dejan de utilizar el sistema

corporativo. Esta tecnología ofrece la oportunidad de obtener recursos informáticos compartidos que pueden proporcionar beneficios en la inmediatez, la escalabilidad y el coste. En varias iniciativas (Information Sharing Environment, 2015; Land Information New Zealand, 2016) ya se contempla la utilización de *Cloud Computing* para proporcionar acceso a soluciones rentables para almacenar y procesar grandes cantidades de datos. Su implantación puede cambiar la forma de concebir los sistemas en su aspecto tecnológico.

- Uso de ontologías para mejorar el acceso y la transformación de los datos. Las ontologías tienen una gran importancia en la creación y uso de las normas de intercambio de datos, así como en la solución de problemas derivados de la heterogeneidad y poca interoperabilidad de los datos geográficos. Algunos autores (Oliva Santos et al., 2009; Sadeghi-Niaraki et al., 2010; Vilches-Blázquez, 2011) proponen su utilización pues ayudan al usuario a relacionarse con la información según sus preferencia y necesidades, y le permite independizarse de la tecnología.
- Conocimiento Geográfico: En combinación con las nuevas tecnologías web semántica comentadas en el punto anterior, se empieza a trabajar en la idea de que estos sistemas pasen a crear, almacenar, compartir, distribuir y utilizar el conocimiento geográfico (no sólo datos o información). Se basarán en el análisis, integración y procesado de datos de múltiples fuentes para ofrecer soluciones en tiempo real de forma automática, de máquina a máquina. Un ejemplo de estas soluciones son las denominadas *SmartCities* o las redes de transporte inteligentes. La gestión de todo este conocimiento puede encajar entre las funciones de un SIG corporativo en el futuro.

# Bibliografía

- ALBERTA'S GEOSPATIAL DATA AUTHORITY (2016). *GDA Strategy GeoDiscover Alberta*. Retrieved from <https://geodiscover.alberta.ca/geoportall/catalog/docs/GDA-Strategy2016.pdf>. Edmonton, Alberta.
- ALONSO, J., CASTRO, P., GALLEGO PRIEGO, M., & CRECENTE, R. (2006). *Avaliação do desenvolvimento de uma infra-estrutura de dados espaciais local (IDEL)*. Proceedings ESIG 2006. Oeiras. Portugal
- ANZLIC (2014). *The Australian and New Zealand Foundation Spatial Data Framework*. (Edition 2 – April 2014) ISBN: 978-0-642-75459-2 (print). Canberra.
- ARIZA LÓPEZ, F. (2009). *Interoperabilidad posicional: elemento clave para las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Revista Análisis Geográficos, 41, 180-197.
- ARIZA LÓPEZ, F., & RODRÍGUEZ PASCUAL, A. (2008). *Introducción a la normalización en información geográfica: La familia ISO 19100*. Grupo de Investigación en Ingeniería Cartográfica. Universidad de Jaén.
- ARNULF CHRISTL & WP5 PARTNERS (2011). *Final version of the EuroGeographics technical architecture. (D 5.2.3)*. ESDIN Underpinning the European spatial Data Infrastructure with a Best Practice Network
- BEDNARZ, S. W., & KEMP, K. (2011). *Understanding and nurturing spatial literacy*. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 21, 18-23.
- BÉJAR, R. (2009). *Contributions to the modelling of spatial data infrastructures and their portrayal services*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. Retrieved from <http://zaguan.unizar.es/record/3383/>
- BÉJAR, R., LATRE, M., NOGUERAS- ISO, J., MURO- MEDRANO, P., & ZARAZAGA- SORIA, F. (2009). *An architectural style for spatial data infrastructures*. International Journal of Geographical Information Science, 23(3), 271-294.
- BÉJAR, R., NOGUERAS- ISO, J., & MURO-MEDRANO, P. (2012). *An architectural view of spatial data infrastructures*. Cuadernos de investigación en Geoinformática, 2- Universidad de Zaragoza. ISBN: 978-84-15538-81-3.
- BERNABÉ POVEDA, M. A., & LÓPEZ VÁZQUEZ, C. M. (2012). *Fundamentos de las infraestructuras de datos espaciales (IDE)*. Biblioteca Online SL.
- BISHR, Y. (1997). *Semantic aspects of interoperable GIS*. Tesis doctoral. ITC, Enschede. ISBN 9789061641414.
- BOOTH, D., HAAS, H., MCCABE, F., NEWCOMER, E., CHAMPION, M., FERRIS, C., & ORCHARD, D. (2005). *Web services architecture*. W3C Working Group Note. Retrieved from <https://www.w3.org/TR/ws-arch/>
- BORBA, R., STRAUCH, J., SOUZA, J., & COLEMAN, D. (2014). *Architectural and technological aspects for the next generation of SDI*. Proceedings AutoCarto 2014 a CaGIS Research Symposium, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
- BOROBIO SANCHIZ, M., GALLEGO PRIEGO, M., PILLADO QUINTÁNS, I., & VARELA GARCÍA, J. I. (2011). *Redefiniendo la información geográfica en Galicia*. V Jornadas de SIG Libre, Girona.

- BOX, P., SIMONS, B., COX, S., & MAGUIRE, S. (2015). *A data specification framework for the foundation spatial data framework*. (Nº 1). CSIRO Digital Productivity Flagship| Land and Water Flagship. Australia
- BROX, C., BISHR, Y., SENKLER, K., ZENS, K., & KUHN, W. (2002). *Toward a geospatial data infrastructure for North Rhine-Westphalia*. Computers, Environment and Urban Systems, 26(1), 19-37.
- BRÜGGEMANN, H., & LIEBIG, A. (2000). *Geographic data infrastructure for North-Rhine Westphalia (GDI NRW)*. Proceedings of the Spatial Information Society: Shaping the Future, 6th EC-GIS Workshop, Lyon, France, June 28, 30
- BUDHATHOKI, N., BRUCE, B., & NEDOVIC-BUDIC, Z. (2008). *Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructure*. GeoJournal, 72(3), 149-160.
- BURROUGH, P. A. (1986). *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford University Press, USA, ISBN: 0 19 854592 4.
- CANADIAN COUNCIL ON GEOMATICS (2010). *Canada's National Mapping Strategy*. National Mapping Strategy Working Group.
- CARIDAD, J. (2012). *El proceso histórico del desarrollo comarcal de Galicia*. Tesis doctoral Universidade da Coruña.
- CHAN, T. O. (1998). *The dynamics of diffusion of corporate GIS*. Tesis doctoral. The Melbourne University Press. Melbourne Australia.
- CHAN, T. O., FEENEY, M. E., RAJABIFARD, A., & WILLIAMSON, I. P. (2001). *The dynamic nature of spatial data infrastructures: A method of descriptive classification*. Geomatica, 55(1), 65-73.
- CHAN, T. O., & WILLIAMSON, I. P. (1997). *Definition of GIS: The manager's perspective*. International Workshop on Dynamic and Multi-Dimensional GIS held at Hong Kong.
- CHAN, T. O., & WILLIAMSON, I. P. (1999). *Spatial data infrastructure management: Lessons from corporate GIS development*. Proceedings, the 27th Annual Conference of AURISA 99.
- CHAN, T. O., & WILLIAMSON, I. P. (2000). *Long term management of a corporate GIS*. International Journal of Geographical Information Science, 14(3), 283-304.
- CLEMENTS, P., GARLAN, D., BASS, L., STAFFORD, J., NORD, R., IVERS, J., LITTLE, R. (2002). *Documenting software architectures: Views and beyond*. Pearson Education. ISBN: 0201703726.
- CLINTON, W. J. (1994). *Coordinating geographic data acquisition and access, the national spatial data infrastructure*, Presidential Executive Order 12906, Federal Register, 59. 17671-17674. Washington.
- COLEMAN, D., & MCLAUGHLIN, D. (1998). *Defining Global Geospatial Data Infrastructure (GGDI): Components, stakeholders and interfaces*. Geomatica Journal of Geospatial Information Science, Technology and Practice, 52(2), 129-143.
- COMISIÓN ESPECIALIZADA DE NORMAS GEOGRÁFICAS (2008). *Especificaciones de producto de la Base Topográfica Armonizada (BTA) v1.0*. Consejo Superior Geográfico. Retrieved from [www.csg-cnc.es/web/cnccontent/bta.html](http://www.csg-cnc.es/web/cnccontent/bta.html).
- COMISIÓN EUROPEA (2017). *European Interoperability Framework - Implementation Strategy*. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/resource.html>.
- COMUNIDAD EUROPEA (2009). *Reglamento CE nº 976/2009 de la comisión de 19 de octubre de 2009 por el que se ejecuta la directiva 2007/20/CE del parlamento europeo y del consejo en lo que se refiere a los servicios de red*.
- COPPOCK, J. T., & RHIND, D. W. (1991). *The history of GIS. Geographical Information Systems: Principles and Applications*, 1, 21-43. Longman, London.
- CRAGLIA, M. (2010). *Building INSPIRE: The spatial data infrastructure for Europe*. ArcNews vol. 32 no. 1 p. 1-6. ESRI Press. ISSN 1064-6108 Retrieved from <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC57514>
- CRAGLIA, M., & CAMPAGNA, M. (2009). *Advanced regional spatial data infrastructures in Europe*. Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. Ispra, Italia.

- CRAGLIA, M., & CAMPAGNA, M. (2010). *Advanced regional SDIs in Europe: Comparative cost-benefit evaluation and impact assessment perspectives*. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 5, 145-167.
- CROMPVOETS, J., BREGT, A., RAJABIFARD, A., & WILLIAMSON, I. (2004). *Assessing the worldwide developments of national spatial data clearinghouses*. International Journal of Geographical Information Science, 18(7), 665-689.
- CROMPVOETS, J., RAJABIFARD, A., VAN LOENEN, B., & DELGADO FERNÁNDEZ, T. (2008). *A Multi-View Framework to Assess SDIs*. The Melbourne University Press. Melbourne Australia. 403 p. ISBN: 978-0-7325-1623-9.
- DE VRIES, W. T., CROMPVOETS, J., STOTER, J., & VANDEN BERGHE, I. (2011). *Atlas of INSPIRE – evaluating SDI development through an inventory of INSPIRE experiences of European national mapping agencies*. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 2011, Vol.6, 126-144, 6, 126-144.
- DÉPARTEMENT DE LA GÉOMATIQUE (2014). *Plan Stratégique Géomatique pour la Wallonie*. Service public de Wallonie. Secrétariat Général.
- DESSERS, E., CROMPVOETS, J., VANDENBROUCKE, D., VANCAUWENBERGHE, G., JANSSEN, K., VANHAVERBEKE, L., & VAN HOOTEGEM, G. (2012). *A multidisciplinary research framework for analysing the spatial enablement of public sector processes*. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 7, 125-150.
- DESSERS, E., VAN HOOTEGEM, G., CROMPVOETS, J., & HENDRIKS, P. H. J. (2010). *Developing spatially-enabled business processes: The role of organisational structures*. Spatially Enabling Society, Research, Emerging Trends and Critical Assessment, 41-54.
- DREAL BRETAGNE (2011). *Charte partenariale GéoBretagne*. Secrétariat GéoBretagne. Direction Régionale de L'environnement, de L'aménagement et du Logement. Rennes, Francia.
- EL OSTA, E., HEYMANS, L., & PAQUET, F. (1998). *Le fond de plan PICC généralisé et l'aménagement du territoire en Wallonie*. Bulletin De La Société Géographique De Liège, 34(1998), 95-104.
- ESRI INC. (2005). *GIS for the nation: The national GIS data model*. Retrieved from <http://www.esri.com/news/arcnews/fall05articles/gis-for-the-nation.htm>.
- EUROGEOGRAPHICS (2003). *EuroRegionalMap. the incremental development of a pan-European database at medium scale. product specification*. EuroRegionalMap Product Specification,
- EVANS, J. (2003). *Geospatial interoperability reference model*. FGDC: Reston, VA, USA. Retrieved from: <http://www.fgdc.gov/Standards/Organization/GIRM> (Accessed on 13 October 2014),
- EXECUTIVE OFFICE OF THE PRESIDENT (1993). *The national information infrastructure: Agenda for action*. Retrieved from <http://www.ibiblio.org/nii/NII-Executive-Summary.html>
- FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE (2013). *National Spatial Data Infrastructure Strategic Plan 2014–2016*. 19 p. Reston, Virginia, USA.
- FEENEY, M. F., WILLIAMSON, I. P., & BISHOP, I. D. (2002). *The role of institutional mechanisms in spatial data infrastructure development that supports decision-making*. Cartography, 31(2), 21-38.
- FGDC & CIO COUNCIL (2009). *Geospatial profile of the federal enterprise architecture (FEA) v2.0*. Retrieved from <https://www.fgdc.gov/initiatives/resources/geospatial-profile-of-the-FA-v2-march-2009.pdf>
- FISHER, B. (2005). *Server architecture models for the national spatial data infrastructures*. OGC™ White Paper No. OGC 05-03). Open Geospatial Consortium.
- FOLGER, P. (2012). *Issues and Challenges for Federal Geospatial Information*. CRS Report for Congress prepared for Members and Committees of Congress of United States.
- FORNEFELD, M., BOELE-KEIMER, G., & GASPER, M. (2008). *Prospects for business models of German companies in the European and global geo-information market*. Micus Management Consulting GmbH. Dusseldorf.

- FORNEFELD, M., & OEFINGER, P. (2001). *Market survey: Boosting of the geospatial data market in North Rhine Westphalia*. Micus Management Consulting GmbH. Dusseldorf.
- GALLEGO PRIEGO, M., BOROBIO SANCHIZ, M., FERNÁNDEZ RÍOS, A., & PILLADO QUINTÁNS, I. (2011). *El SIG corporativo de la Xunta de Galicia como base de la IDEG*. II Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales 2011, Barcelona.
- GEOCONNECTIONS (2005). *Canadian Geospatial Data Infrastructure architecture description version 2.0*. Canadian Geospatial Data Infrastructure (CGDI). Retrieved from [ftp://ftp2.cits.rncan.gc.ca/pub/geott/ess\\_pubs/288/288844/cgdi\\_ip-03\\_e.pdf](ftp://ftp2.cits.rncan.gc.ca/pub/geott/ess_pubs/288/288844/cgdi_ip-03_e.pdf).
- GEOCONNECTIONS (2009). *GeoConnections framework data guide*. Canadian Geospatial Data Infrastructure (CGDI). Retrieved from [ftp://ftp2.cits.rncan.gc.ca/pub/geott/ess\\_pubs/288/288844/cgdi\\_ip\\_03\\_e.pdf](ftp://ftp2.cits.rncan.gc.ca/pub/geott/ess_pubs/288/288844/cgdi_ip_03_e.pdf).
- GEOGRAPHIC INFORMATION PANEL (2008). *Place matters: The location strategy for the United Kingdom*. Communities and local Government. London. ISBN: 978-4098-0816-9.
- GOBIERNO DE ESPAÑA (2007). *Ley 37/2007, de 16 de noviembre, sobre reutilización de la información del sector público*.
- GOBIERNO DE ESPAÑA (2010). *Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España*.
- GOBIERNO DE ESPAÑA (2017). *Esquema Nacional de Interoperabilidad (ENI), regulado por el Real Decreto 4/2010, de 8 de enero*. Portal de Transferencia de Tecnología. Retrieved from <https://administracionelectronica.gob.es/ctt/eni#.WQO3XtLy70>.
- GOBIERNO DE NAVARRA (2006). *SITNA-Plan estratégico del SITNA 2007-2009*. Pamplona. Retrieved from <http://ww2.pcypsitna.navarra.es/SITNA/>.
- GOBIERNO DE NAVARRA (2016). *Plan estratégico del SITNA 2016-2019*. Pamplona. Retrieved from <http://ww2.pcypsitna.navarra.es/SITNA/>.
- GOODCHILD, M. F. (2003). *The nature and value of geographic information*. Foundations of Geographic Information Science, 19-31. Taylor & Francis, New York.
- GRUS, L., CROMPVOETS, J., BREGT, A., VAN LOENEN, B., & DELGADO FERNÁNDEZ, T. (2008). *Applying the multi-view SDI assessment framework in several American countries and the Netherlands*. A Multi-View Framework to Assess SDIs, 371-383. The Melbourne University Press. Melbourne Australia. 403 p. ISBN: 978-0-7325-1623-9.
- HART, G., & DOLBEAR, C. (2007). *What's so special about spatial?* The Geospatial Web, 39-44. Springer; ISBN: 1-84628-826-6.
- HENNIG, S., & BELGUI, M. (2011). *User-centric SDI: Addressing users requirements in third-generation SDI. the example of nature-SDIplus*. Geoforum Perspektiv Journal, 10(20) Spatially Enabled Society. Retrieved from <http://ojs.statsbiblioteket.dk/>.
- HENNIG, S., VOGLER, R., & GRYL, I. (2013). *Spatial education for different user groups as a prerequisite for creating a spatially enabled society and leveraging SDI*. International Journal, 8, 98-127.
- HERNÁNDEZ-PÉREZ, T., RODRÍGUEZ-MATEOS, D., MARTÍN-GALÁN, B., & GARCÍA-MORENO, M. A. (2009). *El uso de metadatos en la administración electrónica española: Los retos de la interoperabilidad*. Revista Española de Documentación Científica, 32(4), 67-91.
- HJELMAGER, J., MOELLERING, H., COOPER, A., DELGADO FERNÁNDEZ, T., RAJABIFARD, A., RAPANT, P., AALDERS, H. (2008). *An initial formal model for spatial data infrastructures*. International Journal of Geographical Information Science, 22(11&12), 1295-1309.
- IAN, H. (2010). *An introduction to geographical information systems*. Pearson Education. Reino Unido. ISBN: 9780273722595.
- INFORMATION SHARING ENVIRONMENT (2015). *Geospatial interoperability reference architecture GIRA*. Program Manager-Information Sharing Environment (PM-ISE) United States.

- INSPIRE DRAFTING TEAM DATA SPECIFICATIONS (2008). *D2.6: Methodology for the development of data specifications*. Comisión Europea. Retrieved from <http://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892>.
- INSPIRE DRAFTING TEAM DATA SPECIFICATIONS (2013). *D2.5 Generic conceptual model v3.4rc3*, Comisión Europea. Retrieved from <http://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892>.
- INSPIRE DRAFTING TEAM DATA SPECIFICATIONS (2014). *D2.7: Guidelines for the encoding of spatial data, version 3.3*, Comisión Europea. Retrieved from <http://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892>.
- INSPIRE DRAFTING TEAM NETWORK SERVICES (2008). *D3.5 Network Services Architecture, version 3.0*, Comisión Europea. Retrieved from <http://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892>.
- INSPIRE DRAFTING TEAMS (2007). *INSPIRE technical architecture – overview*. Comisión Europea. Retrieved from <http://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892>.
- ISO/IEC (2009). *ISO 10746-3:2009: Information technology - Open Distributed Processing Reference Model: Architecture*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/55724.html>.
- ISO/TC 211 (2010). *ISO 19100 Guía de normas*. Pub. 547 Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Retrieved from <http://www.isotc211.org/>.
- ISO/TC 211 (2011a). *ISO 19118 Codificación de la información geográfica*. ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics. Retrieved from <https://www.iso.org/search/x/query/19118>.
- ISO/TC 211 (2011b). *ISO 19131 Especificaciones de producto de datos*. ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/51790.html>.
- ISO/TC 211 (2015). *ISO 19109 Reglas para el esquema de aplicación*. ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/59193.html>.
- ISO/TC 211 (2014). *ISO 19101 Modelo de referencia*. ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/59164.html>.
- ISO/TC 211 (2016a). *ISO 19110 Metodología para la catalogación de objetos geográficos*. ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/57303.html>.
- ISO/TC 211 (2016b). *ISO 19119 Servicios de información geográfica*. ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/59221.html>.
- JANSSEN, K. (2005). *INSPIRE and the PSI directive: Public task versus commercial activities*. Proceedings of 11th EC-GI & GIS Workshop, ESDI: Setting the Framework, Alghero, Sardinia.
- JANSSEN, K. (2008). *A legal approach to assessing spatial data infrastructures*. A Multi-View Framework to Assess SDIs, 255. The Melbourne University Press. Melbourne Australia. 403 p. ISBN: 978-0-7325-1623-9.
- JANSSEN, K., & VANDENBROUCKE, D. (2006). *Spatial data infrastructures in Europe: State of Play 2006*, Summary report of a study commissioned by the EC (EUROSTAT) in the framework of the INSPIRE initiative. KU Leuven.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (2008). *Plan Cartográfico de Andalucía 2009-2012*. Retrieved from <http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/23>
- KLOPFER, M. (2005). *Interoperability & open architectures: An analysis of existing standardisation processes & procedures*. Open Geospatial Consortium (Europe) OGC document: OGC 05-049 Version: 1.0 White Paper.
- KOERTEN, H. (2008). *Assessing the organisational aspects of SDI: Metaphors matter*. A Multi-View Framework to Assess SDIs, 235-254. The Melbourne University Press. Melbourne Australia. 403 p. ISBN: 978-0-7325-1623-9.
- KRESSE, W., & FADAIE, K. (2004). *ISO Standards for Geographic Information*. Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-662-08039-9.

- KUHN, W., BASEDOW, S., BROX, C., RIEDEMANN, C., ROSSOL, H., SENKLER, K., & ZENS, K. (2000). *Reference model 3.0 Geospatial Data Infrastructure (GDI)* North-Rhine-Westphalia. Münster, University of Münster.
- LAND INFORMATION NEW ZEALAND (2007). *New Zealand Geospatial Strategy*. SDI and Open Government Data Programme, Wellington (NZ).
- LAND INFORMATION NEW ZEALAND (2014). *New Zealand Fundamental Geospatial Datasets and Themes v2.2*. SDI and Open Government Data Programme, Wellington (NZ).
- LAND INFORMATION NEW ZEALAND (2016). *Annual report 2015/16. including strategic intentions 2016–2020*. SDI and Open Government Data Programme, Wellington (NZ).
- LANDESVERMESSUNG UND GEOBASISINFORMATION NIEDERSACHSE (2008). *AdV Official German Surveying and Mapping, 2006/2007*. Building Land Administration, Wilhelm, Germany.
- LAUDON, K., & LAUDON, J. (2004). *Sistemas de información gerencial: Administración de la empresa digital* Pearson Educación. ISBN: 9786073236966.
- LONGLEY, P., GOODCHILD, M., MAGUIRE, D., & RHIND, D. (2005). *Geographic information systems and science*. John Wiley & Sons Inc. ISBN: 978-1-118-67695-0-
- MAGUIRE, D. (2005). GeoWeb 2.0: Implications for ESDI. Proceedings of the 12th EC-GIGIS Workshop, Innsbruck, Austria.
- MAGUIRE, D., GOODCHILD, M., & RHINDS, D. (1991). An overview and definition of GIS. *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, 1, 9-20. Longman, London.
- MAKANGA, P., & SMIT, J. (2010). *A review of the status of spatial data infrastructure implementation in Africa*. South African Computer Journal, 45.
- MANSO CALLEJO, M. A. (2009). *El uso de los metadatos para el desarrollo de un modelo de interoperabilidad para las infraestructuras de datos espaciales*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- MANSO CALLEJO, M. A., WACHOWICZ, M., BERNABÉ POVEDA, M. A., SÁNCHEZ MAGANTO, A., & RODRIGUEZ PASCUAL, A. (2008). *Modelo de interoperabilidad basado en metadatos (MIBM)*. Actas de V Jornadas Técnicas de la IDE de España JIDEE 2008. Archivo Digital UPM-
- MASSER, I. (1999). *All shapes and sizes: The first generation of national spatial data infrastructures*. International Journal of Geographical Information Science, 13(1), 67-84.
- MASSER, I. (2005a). *The future of spatial data infrastructures*. ISPRS Workshop on Service and Application of Spatial Data Infrastructure, XXXVI (4/W6), Oct 14-16.
- MASSER, I. (2005b). *GIS worlds: Creating spatial data infrastructures*. ESRI Press. ISBN: 1-58948-122-4.
- MASSER, I. (2007). *Building European Spatial Data Infrastructures*. ESRI Press. ISBN: 9781589483835.
- MASSER, I. (2009). *Changing notions of a spatial data infrastructure. SDI convergence: research, emerging trends and critical assessment*, pp.219-228. Nederlands Commissie voor Geodesie.
- MASSER, I., & MCDUGALL, K. (2009). *Regional SDIs in Australia*. Advanced Regional Spatial Data Infrastructures in Europe, 121-125. Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. Ispra, Italia.
- MASSER, I., RAJABIFARD, A., & WILLIAMSON, I. P. (2008). *Spatially enabling governments through SDI implementation*. International Journal of Geographical Information Science, 22(1-2), 5-20.
- MCDUGALL, K. (2006). *A local-state government spatial data sharing partnership model to facilitate SDI development*. Tesis doctoral. The Melbourne University Press. Melbourne, Australia.
- MCLAUGHLIN, J., & NICHOLS, S. (1994). *Developing a National Spatial Data Infrastructure*. Journal of Surveying Engineering, 120, 62.
- MORANT, T., MARTÍN, M., JANSSON, P., RUBIO, E., & NÚÑEZ, A. (2005). *Bases para el éxito del SIG corporativo: Aportaciones desde el ámbito de la gestión del conocimiento*. VI Semana Internacional de Geomática. Barcelona.

- MOREIRA MADUEÑO, J. M. (2006). *El sistema de información geográfica-ambiental de Andalucía. del SINAMBA a la red de información ambiental de Andalucía*. GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, (6), 4-10.
- NEBERT, D. (2004). *Developing spatial data infrastructures: The SDI cookbook v.2.0, global spatial data infrastructure (GSDI)* Technical Working Group Chair, GSDI.
- NEDOVIĆ-BUDIĆ, Z., PINTO, J., & BUDHATHOKI, N. (2008). *SDI effectiveness from the user perspective. A Multi-View Framework to Assess SDIs*, 273 The Melbourne University Press. Melbourne, Australia. 403 p. ISBN: 978-0-7325-1623-9.
- NEDOVIC-BUDIC, Z., & PINTO, J. (1999). *Understanding interorganizational GIS activities: A conceptual framework*. URISA Journal, 11(1), 53-64.
- NEDOVIC-BUDIC, Z., & PINTO, J. (2001). *Organizational (soft) GIS interoperability: Lessons from the U.S.* International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 3(3), 290-298. [http://dx.doi.org/10.1016/S0303-2434\(01\)85035-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0303-2434(01)85035-2).
- NEW ZEALAND GEOSPATIAL OFFICE (2011). *Spatial Data Infrastructure Cookbook*. Retrieved from [www.geospatial.govt.nz](http://www.geospatial.govt.nz). Wellington (NZ).
- NEW ZEALAND GEOSPATIAL OFFICE (2012). *New Zealand SDI State of Play Report 2012*. Retrieved from [www.geospatial.govt.nz](http://www.geospatial.govt.nz). Wellington (NZ).
- OLAYA, V. (Ed.). (2014). *Sistemas de información geográfica*. Retrieved from [https://github.com/volaya/libro-sig/releases/download/v2.0/Libro\\_SIG.pdf](https://github.com/volaya/libro-sig/releases/download/v2.0/Libro_SIG.pdf).
- OLIVA SANTOS, R., GAREA LLANO, E., & MACIÁ PÉREZ, F. (2009). *Propuesta preliminar de soporte para la integración de datos, metadatos y conocimiento geográfico mediante geo-ontologías*. pp.199-214. VI Jornadas para el Desarrollo de Grandes Aplicaciones de Red, Universidad de Alicante.
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (2008). *OGC reference model*. OGC <http://portal.opengeospatial.org/files>.
- ORSHOVEN, J. V., & HALL, M. (2003). *Spatial data infrastructures in Australia, Canada and the United States*. spring 2003. .K.U.Leuven.
- PARLAMENTO EUROPEO (2004). *Decisión 2004/387/CE, de 21 de abril de 2004, relativa a la prestación interoperable de servicios paneuropeos de administración electrónica al sector público, las empresas y los ciudadanos*.
- PARLAMENTO EUROPEO (2007). *Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de marzo de 2007 por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea*.
- POPOVICH, V. (2009). *Concept for corporate information systems development based on GIS technologies. Information Fusion and Geographic Information Systems*, Part of the series Lecture Notes in Geoinformation and Cartography pp 39-61.
- PRECEDO LEDO, A. (1994). *Desarrollo territorial y planificación comarcal: el Plan de Desarrollo Comarcal de Galicia*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.
- PRECEDO LEDO, A., LOPEZ COUSILLAS, J., LOPEZ VIZOSO, J., & GALLEGO PRIEGO, M. (1993). *La comarca como instrumento estratégico para la planificación y la gestión territorial: El modelo comarcal de Galicia*. Planeamiento y gestión metropolitana, comarcal y municipal, EUNSA, Universidad de Navarra, Pamplona. ISBN: 84-313-1266-1.
- RAJABIFARD, A. (2008). *A spatial data infrastructure for a spatially enabled government and society. A Multi-View Framework to Assess SDIs*, 11. The Melbourne University Press. Melbourne Australia. 403 p. ISBN: 978-0-7325-1623-9.
- RAJABIFARD, A., BINNS, A., MASSER, I., & WILLIAMSON, I. (2006). *The role of sub-national government and the private sector in future spatial data infrastructures*. International Journal of Geographical Information Science, 20(7), 727.
- RAJABIFARD, A., CROMPVOETS, J., KALANTARI, M., & KOK, B. (2010). *Spatially enabling society. Research, Emerging Trends and Critical Assessment*, Leuven University Press, Leuven.

- RAJABIFARD, A., FEENEY, M. E., & WILLIAMSON, I. (2002a). *Future directions for SDI development*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 4(1), 11-22.
- RAJABIFARD, A., FEENEY, M. E., & WILLIAMSON, I. P. (2002b). *The cultural aspects of sharing and dynamic partnerships within an SDI hierarchy*. Cartography, 31(1), 21-32.
- RAJABIFARD, A., & WILLIAMSON, I. P. (2001a). *Spatial data infrastructures: An initiative to facilitate spatial data sharing*. Global Environmental Databases—Present Situation and Future Directions, 2, 108-136.
- RAJABIFARD, A., & WILLIAMSON, I. P. (2001b). *Spatial data infrastructures: Concept, SDI hierarchy and future directions*. Proceedings of GEOMATICS'80 Conference, 10.
- RAYMOND, K. (1995). *Reference model of open distributed processing (RM-ODP): Introduction*. In K. Raymond, & L. Armstrong (Eds.), Open distributed processing: Experiences with distributed environments. proceedings of the third IFIP TC 6/WG 6.1 international conference on open distributed processing, 1994 (pp. 3-14). Boston, MA: Springer US
- RÉGION BRETAGNE (2017). *GéoBretagne*. Retrieved from <http://cms.geobretagne.fr/>
- RIX, J., FAST, S., MASSER, I., SALGÉ, F., & VICO, F. (2011). *Methodology to describe, analyse and assess subnational SDIs: Survey, experiences and lessons learnt*. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 6, 23.
- RODRÍGUEZ PASCUAL, A. (2013). *Del "fenómeno" al "objeto geográfico"*. Retrieved from <http://blog-idee.blogspot.com.es/2013/12/del-fenomeno-al-objeto-geografico.html>.
- RODRÍGUEZ PASCUAL, A., ABAD, P., ALONSO, J. A., & SÁNCHEZ MAGANTO, A. (2006). *La infraestructura de datos espaciales de España (IDEE): Un proyecto colectivo y globalizado*. Avances en las Infraestructuras de Datos Espaciales, 26, 15.
- SADEGHI-NIARAKI, A., RAJABIFARD, A., KIM, K., & SEO, J. (2010). *Ontology based SDI to facilitate spatially enabled society*. Proceedings of GSDI 12 World Conference, 19-22. Singapur.
- SILBERSCHATZ, A., KORTH, H. F., & SUDARSHAN, S. (1997). *Database system concepts* McGraw-Hill New York.
- SMART, A., & CRAMER, R. (2009). *Spatial information in the New Zealand economy*. Realising productivity gains. Land Information New Zealand. Wellington (NZ).
- SMITHSON, S. (1997). *Newsletter for the UK academy for information systems*. Retrieved from <http://www.scs.leeds.ac.uk/ukais/Newsletters/vol3no4.html>
- SMITS, P., DÜREN, U., ØSTENSEN, O., MURRE, L., GOULD, L., SANDGREN, U., WIRTHMANN, A. (2002). *INSPIRE architecture and standards position paper*. JRC-Institute for Environment and Sustainability, European Commission, Joint Research Centre, Ispra, Italia.
- THOMAS, E., HEDBERG, O., THOMPSON, B., RAJABIFARD, A., & VICTORIAN SPATIAL COUNCIL (2009). *A strategy framework to facilitate Spatially Enabled Victoria*. Proceedings of the GSDI 11 World Conference, Spatial Data Infrastructure Convergence: Building SDI Bridges to Address Global Challenges,
- TOMLINSON, R. (2007). *Pensando en el SIG: Planificación del sistema de información geográfica dirigida a gerentes*. ESRI Press. Redlands, California
- TOOMANIAN, A., & MANSOURIAN, A. (2009). *An integrated framework for the implementation and continuous improvement of spatial data infrastructures*. SDI Convergence, 161.
- TÓTH, K. (2007). *Data consistency and multiple-representation in the European Spatial Data Infrastructure*. 10th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, 2-3.
- TÓTH, K., PORTELE, C., ILLERT, A., LUTZ, M., & NUNES DE LIMA, V. (2012). *A conceptual model for developing interoperability specifications in Spatial Data Infrastructures*. Volumen 25280, Luxembourg. ISSN 1018-5593.
- TÓTH, K., & SMITS, P. (2009). *Cost-benefit considerations in establishing interoperability of the data component of spatial data infrastructures*. Santiago, Chile, ICC Conference,

- VALLECILLO, A. (2001). RM-ODP: *The ISO reference model for open distributed processing*. Dintel Edition on Software Engineering, 3, 66-69.
- VAN LOENEN, B. (2006). *Developing geographic information infrastructures: The role of information policies* Tesis doctoral. Delft University Press ISBN: 90-407-2616-7
- VANDENBROUCKE, D., CROMPVOETS, J., & JANSSEN, K. (2010). *INSPIRE and NSDI State of Play: D1. 1-report on the methodology*. European Commission, DG ESTAT.
- VANDENBROUCKE, D., CROMPVOETS, J., JANSSEN, K. & BAMP, C. (2011). *Spatial Data Infrastructure in Europe: State of Play 2011*. Spatial Applications Division, K. U. Leuven Research & Development, Leuven.
- VANDENBROUCKE, D., JANSSEN, K., & VAN ORSHOVEN, J. (2008). *INSPIRE State of Play: Generic approach to assess the status of NSDIs. A Multi-View Framework to Assess SDIs*, 145. The Melbourne University Press. Melbourne Australia. 403 p. ISBN: 978-0-7325-1623-9.
- VARELA, A. (2013). *Análisis geoespacial para la caracterización funcional de las infraestructuras viarias en modelos de accesibilidad territorial utilizando sistemas de información geográfica* Tesis doctoral. Universidade da Coruña. Retrieved from <http://ruc.udc.es>.
- VICTORIAN SPATIAL COUNCIL (2008). *Victorian Spatial Information Strategy 2008–2010*. Retrieved from <http://victorianspatialcouncil.org>. Melbourne Australia.
- VICTORIAN SPATIAL COUNCIL (2011). *Victorian Spatial Information Strategy 2011-2014*. Retrieved from <http://victorianspatialcouncil.org>. Melbourne Australia.
- VICTORIAN SPATIAL COUNCIL (2017). *Spatial Information Management Framework*. Retrieved from <http://victorianspatialcouncil.org>. Melbourne Australia.
- VILCHES-BLÁZQUEZ, L. M. (2011). *Metodología para la integración basada en ontologías de información de bases de datos heterogéneas en el dominio hidrográfico*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- VILCHES-BLÁZQUEZ, L. M., GARGANTILLA, J. A., CORCHO, O., & CAPDEVILA, J. (2009). *Hacia una armonización semántica de la información geográfica*. Treballs de la Societat Catalana de Geografia, (especial), 727-736.
- VITTURINI, M., & FILLOTTRANI, P. (2008). *Interoperabilidad y estándares de datos para información geográfica*. XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, la Rioja, Argentina.
- WALLACE, J., WILLIAMSON, I. P., RAJABIFARD, A., & BENNETT, R. (2006). *Spatial information opportunities for government*. Journal of Spatial Science, 51(1), 79-100.
- WALLSTRON, M., SOLBES, P., & BUSQUIN, P. (2002). *Infrastructure for spatial information in Europe (INSPIRE). memorandum of understanding between commissioners*. Commission européenne, Bruxelles.
- WARNEST, M. (2005). *A collaboration model for national spatial data infrastructure in federated countries*. Tesis doctoral. Engineering: Department of Geomatics. Melbourne University.
- WHITESIDE, A. (2005). *OpenGIS Web Services Architecture description. Version 0.1.0*, OpenGIS, OGC Standards. Retrieved from <http://www.opengeospatial.org/docs>.
- WILLIAMSON, I. P., WALLACE, J., & RAJABIFARD, A. (2006). *Spatially enabling governments: A new vision for spatial information*. Invited Paper, Seventeenth United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and the Pacific Bangkok, 18-22.
- WITKOWSKI, M. S., RICH, P. M., & KEATING, G. N. (2003). *A prototype for enterprise GIS*. Los Alamos National Laboratory Report, LA-14027, Los Alamos, NM.
- XUNTA DE GALICIA (2017a) *Decreto 14/2017, de 26 de enero, por el que se aprueba el reglamento de ordenación de la información geográfica y de la actividad cartográfica de Galicia*.
- XUNTA DE GALICIA (2017b). *Geoportal de Información Geográfica de Galicia*. Retrieved junio, 2017, from <http://mapas.xunta.gal/portada>.
- YANG, C., RASKIN, R., GOODCHILD, M., & GAHEGAN, M. (2010). *Geospatial cyberinfrastructure: Past, present and future*. Computers, Environment and Urban Systems, 34(4), 264-277.

- ZABALA, A., MASÓ, J., & PONS, X. (2003). *Metadatos para bases cartográficas digitales*. Ponencia de la 5ª Setmana Geomàtica de Barcelona.
- ZARAZAGA-SORIA, F. J., NOGUERAS-ISO, J., BÉJAR, R., & MURO-MEDRANO, P. R. (2004). *Political aspects of spatial data infrastructures*. *Electronic government* (pp. 392-395) Springer.

# Apéndice I: Definiciones

Recopilación de las definiciones de conceptos relacionados con los temas tratados en el documento. Algunas ya están incluidas en el texto y son repetidas en esta sección para ayudar a la lectura del documento. Entre corchetes se detalla el organismo, norma o legislación donde ha sido formulada la definición.

<b>Aplicación</b>	Manipulación y procesamiento de datos como soporte a los requerimientos del usuario. [ISO 19101]
<b>Arquitectura corporativa (o empresarial, AE)</b>	Conjunto de principios y métodos para el diseño y operación de esa organización a través del análisis de su estado actual y de la situación deseada, en los ámbitos de: estrategia, negocio, aplicaciones, datos y tecnología, generando un conjunto de proyectos que harán posible la transformación de la corporación y la consecución de sus objetivos. [OGC Architecture Board]
<b>Arquitectura de un sistema</b>	Descripción de la disposición básica y la conectividad de las partes de un sistema (ya sea un objeto físico o conceptual). [ISO 15704]
<b>Atributo (de objeto geográfico)</b>	Característica de un objeto geográfico que tiene asociado un nombre, un tipo de dato, y un dominio para sus valores. [ISO 19101]
<b>Calidad</b>	Grado con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos. [ISO 9001]
<b>Catálogo de objetos geográficos</b>	Relación ordenada que contiene definiciones y descripciones de tipos de objetos geográficos, de sus atributos y de relaciones entre ellos, que se dan en uno o más conjuntos de datos geográficos, junto con su estructura y las r operaciones que puedan tener. [ISO 19110]
<b>Componente (de un sistema)</b>	Unidad de arquitectura con una delimitación definida. [W3C]
<b>Configuración</b>	Colección de propiedades que pueden ser cambiadas. Una propiedad puede influir en el comportamiento de una entidad. [W3C]
<b>Conjunto de datos espaciales (CDE)</b>	Colección identificable de datos geográficos. [INSPIRE]
<b>Datos fundamentales o de referencia</b>	Información geográfica necesaria para que cualquier usuario y aplicación pueda referenciar sus datos. Proporcionan una localización precisa para la información, permiten cruzar datos de distintas fuentes y sirven para interpretar datos situándolos en un ámbito geográfico. [LISIGE]
<b>Diccionario de conceptos de objetos geográficos</b>	Diccionario que contiene términos y definiciones necesarias para especificar los tipos de objetos espaciales temáticos. [INSPIRE]
<b>Encadenamiento de servicios</b>	Secuencia de servicios donde, por cada par de servicios adyacentes, es necesaria la ocurrencia de la primera acción para la ocurrencia de la segunda. [ISO 19119]

<b>Flujo de trabajo</b>	Automatización de un proceso de negocio, total o parcialmente, por el que se pasan los documentos, informaciones y tareas de un participante a otro por acciones, en conformidad con un conjunto de reglas de procesamiento. [ISO 19119]
<b>Interfaz</b>	Conjunto de operaciones con su denominación que caracterizan el comportamiento de una entidad. [ISO19119]
<b>Interoperabilidad</b>	Capacidad para comunicarse, ejecutar programas, o transferir datos entre varias unidades funcionales de forma que se requiera del usuario poco o ningún conocimiento de las características únicas de esas unidades. [ISO/IEC 2382-1]
<b>Objeto geográfico</b>	Representación abstracta de un fenómeno real que corresponde a una localización o zona geográfica específica. [ISO 19101]
<b>Operación</b>	Especificación de una transformación o consulta que puede pedirse a un objeto que ejecute. Una operación tiene un nombre y una lista de parámetros. [ISO19119]
<b>Punto de vista (de un sistema de información)</b>	Forma de abstracción que se realiza usando un conjunto seleccionado de conceptos arquitectónicos y reglas de estructuración, para centrarse en algunos asuntos determinados dentro de un sistema. [ISO/IEC 10746-2]
<b>Representación Servicio</b>	Presentación de la información a las personas. [ISO 19117] Parte distinguible de la funcionalidad que una entidad proporciona a través de sus interfaces y proporcionan mecanismos de comunicación estándares entre diferentes aplicaciones, que interactúan entre sí para presentar información dinámica al usuario. [ISO 19119]
<b>Taxonomía</b>	Acción de clasificar. [RAE]

# Apéndice II: Taxonomía de servicios de la norma ISO 19119

En las siguientes tablas, vamos a enumerar las subcategorías reconocidas por la norma ISO 19119 y que usan también las arquitecturas de referencia para datos geográficos de OGC<sup>58</sup>, de INSPIRE<sup>59</sup> y del gobierno de EEUU<sup>60</sup>. A cada servicio se le ha añadido una breve descripción y una relación de las normas ISO que ya han sido desarrolladas para su implementación.

## Servicios geográficos de interacción humana

El primer grupo, los denominados Servicios geográficos de interacción humana, está formado fundamentalmente por aplicaciones cliente que permiten al usuario interactuar con la información. Estos clientes por lo general van a utilizar servicios de procesamiento para acceder a los datos en su lugar de almacenamiento. Los más conocidos son los visores que se utilizan en navegadores web o en forma de clientes pesados. También forman parte de esta clase los editores de objetos geográficos, de símbolos y de otros tipos de complementos. Una aplicación SIG de escritorio (ArcGIS, QGIS o GvSIG) está compuesta por diferentes servicios de esta categoría.

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Visor de catálogos</b>	ISO 19115 ISO 19139	servicio cliente que permite a un usuario interactuar con un catálogo para localizar, navegar y gestionar metadatos sobre datos geográficos o servicios geográficos.
<b>Visor geográfico</b>	ISO19117 ISO 19128	servicio cliente que permite al usuario visualizar una o más colecciones de objetos geográficos o coberturas. El visor permite al usuario interactuar con los datos del mapa, es decir, representar, superponer y consultar.
<b>Visor geográfico - animación</b>	ISO19117 ISO 19128	visor geográfico que permite a una persona hacer secuencias de vistas de la misma ubicación geográfica en diferentes momentos.
<b>Visor geográfico - mosaicado</b>	ISO19117 ISO 19128	visor geográfico que permite la combinación de vistas de datos geográficos de áreas adyacentes en una única vista;

<sup>58</sup> The OpenGIS Abstract Specification (Topic 12: OpenGIS Service Architecture Version 4.3): [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=1221](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=1221)

<sup>59</sup> Registro de INSPIRE: Clasificación de los servicios de datos espaciales: <http://inspire.ec.europa.eu/metadata-codelist/SpatialDataServiceCategory>

<sup>60</sup> GIRA: <https://gira.geoplatform.gov/gira/arm/geospatial-services-taxonomy-structures/>

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Visor geográfico - perspectiva</b>	ISO19117 ISO 19128	un visor geográfico de perspectivas permite cambiar el punto de vista; por ejemplo, especificar la altura respecto del suelo, qué dirección, y con qué ángulo un punto de vista está viendo una escena.
<b>Visor geográfico - imágenes</b>	ISO19117 ISO 19128	visor geográfico que visualiza datos de coberturas incluyendo la traducción de dimensiones de muestra en la cobertura a colores en la pantalla del ordenador.
<b>Visor geográfico de hojas de cálculo</b>	Sin definir	servicio cliente que permite al usuario interactuar con múltiples objetos de datos y realizar peticiones de cálculos de manera similar a una hoja de cálculo aritmética, pero extendido a datos geográficos.
<b>Editor de servicios</b>	Sin definir	permite al usuario controlar servicios geográficos de procesamiento. Las vistas incluyen interpretación de un servicio, composición/interpretación de cadenas de servicios, invocación de un servicio, estados de un servicio, programación de servicios para rendimientos en picos de tiempos e invocación de una cadena de servicios.
<b>Editor de definición de cadena</b>	Sin definir	proporciona interacción del usuario con un servicio de definición de cadena.
<b>Gestor de flujos de trabajo</b>	Sin definir	proporciona interacción del usuario con un servicio de lanzamiento de flujos de trabajo.
<b>Editor de objetos geográfico</b>	ISO 19142	visor geográfico que permite al usuario interactuar con datos de objetos geográficos, por ejemplo, representación, consulta, soporte de anotaciones de objetos geográficos. Los objetos de la vista pueden ser seleccionados o dibujados o pueden generarse nuevos objetos en el modelo.
<b>Editor de símbolos geográficos</b>	ISO 19117	servicio cliente que permite a una persona seleccionar y gestionar librerías de símbolos.
<b>Editor de generalización de objetos geográficos</b>	ISO 19142	servicio cliente que permite al usuario modificar las características cartográficas de un objeto geográfico o colección de objetos geográfico mediante la simplificación de la visualización, mientras que se mantienen sus elementos principales, la equivalencia espacial de la simplificación.
<b>Visor geográfico de estructuras de datos</b>	ISO 19142	servicio cliente que permite al usuario acceder a parte de un conjunto de datos para ver sus estructuras internas; permite al usuario pedir la creación de nuevos objetos a partir de partes de un objeto que se esté navegando; permite al usuario solicitar la comprobación de un objeto, por ejemplo, comprobar su tipo.

## Servicios geográficos de gestión de modelo/información

La segunda categoría está conformada por los Servicios geográficos de gestión de modelo/información. Se trata de los servicios que normalmente usamos en las IDEs, como los WMS, WFS, WCS, etc.

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de acceso a objetos geográficos</b>	ISO 19142 ISO 19125 ISO 19143	servicio que proporciona a un cliente acceso y gestión a un objeto geográfico almacenado. Un acceso al servicio puede incluir una consulta que filtra los datos devueltos al cliente.
<b>Servicio de acceso a mapas</b>	ISO 19128	servicio que proporciona a un cliente acceso a gráficos geográficos, es decir, imágenes de datos geográficos.
<b>Servicio de acceso a coberturas</b>	ISO 19123 ISO 19111	servicio que proporciona a un cliente acceso y gestión a una cobertura almacenada. Un acceso a un servicio puede incluir una consulta que filtra los datos devueltos al cliente.
<b>Servicio de acceso a coberturas sensores</b>	Sin definir	servicio que proporciona acceso a una cobertura donde la fuente de los datos de la cobertura son sensores en tiempo real, es decir, no son almacenamiento persistente.
<b>Servicio de descripción de sensores</b>	Sin definir	servicio que proporciona la descripción de una cobertura de sensores, incluyendo localización y orientación del sensor, así como la geometría del sensor, características dinámicas y radiométricas con el propósito de realizar geoprocésamiento.
<b>Servicio de acceso a producto</b>	Sin definir	servicio que proporciona acceso y gestión a un producto geográfico almacenado. Un producto puede ser una colección predefinida de objetos geográficos y metadatos con límites y contenido conocido, correspondiente a un mapa en papel o un informe. Además, un producto puede estar compuesto por un conjunto definido previamente de coberturas con los metadatos asociados.
<b>Servicio de tipo de objetos geográficos</b>	ISO 19110	servicio que ofrece al cliente acceso y gestión a un almacén de definiciones de tipos de objetos geográficos.
<b>Servicio de catálogo</b>	ISO 19115 ISO 19139	servicio que provee servicios de localización y gestión sobre un almacén de metadatos sobre instancias. Los metadatos pueden ser de instancias de conjuntos de datos, por ejemplo, un catálogo de conjunto de datos, o puede contener metadatos de servicios, por ejemplo, el catálogo de servicios.
<b>Servicio de registro</b>	Sin definir	servicio que proporciona acceso a almacenes de metadatos sobre tipos. Los tipos son vocabularios que pueden estar organizados y relacionados unos con otros. Ejemplo: diccionarios de tipos, registros de servicios y registros de esquemas.
<b>Servicios de nomenclátor</b>	ISO 19112	servicio que provee acceso a un directorio de instancias de una clase o clases de fenómenos del mundo real y que contienen alguna información relativa a su posición.

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de gestión de peticiones</b>	Sin definir	servicio que proporciona al cliente la capacidad de solicitar productos a un proveedor, incluyendo la formulación de presupuestos de órdenes, selección de opciones de procesamiento geográfico, presentación de una orden, estado de órdenes y cuenta y facturación de órdenes de usuario.
<b>Servicio de permanencia de órdenes</b>	Sin definir	servicio de gestión de órdenes que permite al usuario solicitar que se reparta un producto sobre un área geográfica cuando esté disponible. Tal reparto incluye la recepción, preparación (es decir, dar formato, compresión, descompresión, etc.), asignación de prioridades y transmisión de la información geográfica solicitada a través de consultas permanentes o perfiles.

### Servicios geográficos de gestión de flujos de trabajo/tareas

El tercer grupo lo componen los Servicios geográficos de gestión de flujos de trabajo/tareas, y a este conjunto pertenecen los servicios encargados de definir y ejecutar otros servicios encadenados. Para este grupo todavía no hay definida ninguna norma.

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de definición de cadenas</b>	Sin definir	servicio para definir una cadena y hacerla disponible para que sea ejecutada por un servicio de lanzamiento de flujos de trabajo. Puede proporcionar también un servicio de validación de la cadena de servicios.
<b>Servicio de lanzamiento de flujos de trabajo</b>	Sin definir	interpreta una cadena de servicios y controla la reclamación y la secuencia de actividades. Mantiene el control de los datos centralizados o distribuidos a través un conjunto de motores de flujos de trabajo.
<b>Servicio de suscripción</b>	Sin definir	permite a los clientes registrarse para ser notificado sobre los eventos. Los eventos son definidos por un servicio que realiza una actividad que da como resultado un suceso. Cuando ocurre un evento, el servicio de suscripción envía una notificación a todos los clientes que han registrado su interés.

### Servicios geográficos de procesamiento (espacial)

El cuarto grupo los forman los **Servicios geográficos de procesamiento** que a su vez se subdivide en cuatro categorías en función de la propiedad de Modelo General de Objetos Geográficos (ISO 19109) que modifican: espacial, temporal, temática y de metadatos. Los tipos de procesamiento pueden ser muy variados, por tanto, la enumeración que hace la norma no es taxativa. Los servicios considerados que modifican una propiedad de tipo **espacial** son los siguientes:

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de conversión de coordenadas:</b>	ISO 19111	cambia las coordenadas de un sistema de coordenadas a otro sistema de coordenadas relacionados al mismo datum. En una conversión de coordenadas, los valores de los parámetros son exactos, y los servicios de conversión de coordenadas incluyen servicios de proyección cartográficos.
<b>Servicio de transformación de coordenadas</b>	ISO 19111	cambia las coordenadas de un sistema de referencia a otro sistema de referencia de coordenadas basado en un segundo datum. Una transformación de coordenadas difiere de una conversión de coordenadas en que los parámetros de la transformación de coordenadas son derivados empíricamente; en consecuencia, puede haber diversas estimaciones diferentes.
<b>Servicio de conversión cobertura/vector</b>	ISO 19107 ISO 19123	cambia la representación espacial de un esquema de cobertura a un esquema vectorial, o viceversa.
<b>Servicio de cambio de división en hojas</b>	Sin definir	cambia la división en hojas de los datos geográficos.
<b>Servicio de medición de dimensión</b>	Sin definir	calcula dimensiones de objetos visibles en una imagen u otros datos geográficos. Un nombre alternativo para este servicio es "servicio de medición de imágenes".
<b>Servicio de manipulación de objetos geográficos</b>	Sin definir	registro de un objeto geográfico a otro, una imagen, otro conjunto de datos o conjunto de coordenadas; corrección por desplazamientos de translación relativos, diferencias rotacionales, de escala y de perspectiva; verificación de que todos los objetos geográficos de una colección de objetos geográficos sean topológicamente consistentes, de acuerdo a las reglas topológicas de la colección, e identificación y/o corrección de cualquier inconsistencia que se encuentre-
<b>Servicio de conversión de coordenadas en imágenes</b>	ISO 19123 ISO/TR 19121	Realiza una transformación de coordenadas o conversión de coordenadas para cambiar el sistema de referencia de coordenadas de una imagen.
<b>Servicio de rectificación</b>	Sin definir	servicio que proyecta una imagen oblicua o inclinada en un plano seleccionado u otra superficie. El plano frecuentemente es horizontal, pero puede estar inclinado por alguna condición deseable, como para una mejor adecuación a la superficie local de la tierra.
<b>Servicio de ortorectificación</b>	Sin definir	Realiza una rectificación que borra desplazamientos de las imágenes debidos a las variaciones de la elevación del terreno.
<b>Servicio de ajuste del modelo geométrico de sensores</b>	Sin definir	ajusta los modelos geométricos de sensores para mejorar el emparejamiento de la imagen con otras imágenes y/o las posiciones conocidas del terreno.

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de conversión del modelo geométrico de la imagen</b>	Sin definir	convierte modelos de geometría de sensores en uno diferente pero equivalente al modelo de geometría de sensores.
<b>Servicio de subdivisión</b>	Sin definir	extrae datos de una entrada en una región espacial continua mediante localización geográfica o por coordenadas de la malla.
<b>Servicio de muestreo</b>	Sin definir	extrae datos de una entrada usando un esquema de muestreo consistente a través de la ubicación geográfica o por coordenadas de la malla.
<b>Servicio de cambio de división en hojas:</b>	Sin definir	cambia la división en hojas de los datos geográficos.
<b>Servicio de medición de dimensión:</b>	Sin definir	calcula dimensiones de objetos visibles en una imagen u otros datos geográficos. Un nombre alternativo para este servicio es "servicio de medición de imágenes".
<b>Servicio de manipulación de objetos geográficos:</b>	Sin definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- registra un objeto geográfico sobre otro, una imagen, otro conjunto de datos o conjunto de coordenadas</li> <li>- corrección por desplazamientos de translación relativos, diferencias rotacionales, de escala y de perspectiva</li> <li>- verificación de que todos los objetos geográficos de una colección sean topológicamente consistentes,</li> <li>- identificación y/o corrección de cualquier inconsistencia que se encuentre en la verificación.</li> </ul>
<b>Servicio de emparejamiento de objetos geográficos</b>	Sin definir	determina que objetos geográficos y porciones de objetos geográfico representan la misma entidad del mundo real, procedentes de múltiples fuentes de datos, por ejemplo, emparejamiento de bordes y confluencia limitada.
<b>Servicio de generalización de objetos geográficos - espacial</b>	Sin definir	reduce la variación espacial de una colección de objetos geográfico incrementando la eficiencia de la comunicación al contrarrestar los efectos no deseables de la reducción de escala.
<b>Servicio de determinación de rutas</b>	Sin definir	determina el camino óptimo entre dos puntos determinados basándose en los parámetros de entrada y las propiedades contenidas en la colección de objetos geográfico; también puede determinarse la distancia medida entre dos puntos a lo largo de un camino especificado basándose en las propiedades mantenidas en la colección de objetos geográfico, e incluso, se puede determinar la distancia en tiempo que toma seguir la ruta a partir de los datos geográficos de la colección de entidades.

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de posicionamiento</b>	ISO 19116	servicio prestado por un dispositivo que suministra posicionamiento para usar, obtener e interpretar de manera no ambigua información de posición y determinar si el resultado concuerda con los requisitos de uso.
<b>Servicio de análisis de proximidad</b>	Sin definir	dada una posición o un objeto geográfico, encuentra todos los objetos con un conjunto dado de atributos que están localizados dentro de la distancia especificada por el usuario a la posición o al objeto geográfico.

### Servicios geográficos de procesamiento (temático)

El segundo tipo de Servicios geográficos de procesamiento son los que modifican una propiedad de índole **temática**:

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de cálculo de geoparámetros</b>	Sin definir	deriva resultados cuantitativos de los datos puros orientados a la aplicación, que no están disponibles por sí mismos.
<b>Servicio de clasificación temática</b>	Sin definir	clasifica regiones de datos geográficos basándose en atributos temáticos. La clasificación de coberturas (incluyendo imágenes) subdividiendo una cobertura en regiones basándose en los valores de los atributos. La clasificación de objetos geográfico, clasificando los objetos geográficos en grupos basándose en los valores de atributos o en las asociaciones entre objetos geográfico.
<b>Servicio de generalización de objetos - temático</b>	Sin definir	generaliza tipos de objetos geográfico de una colección de objetos geográfico incrementando la eficiencia de la comunicación al contrarrestar los efectos no deseables de la reducción de escala.
<b>Servicio de subdivisión</b>	Sin definir	extrae objetos geográfico o elementos de una cobertura de un conjunto mayor basándose en características temáticas.
<b>Servicio de cuenta espacial</b>	Sin definir	cuenta objetos geográficos de un tipo dado dentro de un área especificada.
<b>Servicio de extracción de información geográfica</b>	Sin definir	soporta la extracción de objetos geográfico e información del terreno procedente de teledetección e imágenes escaneadas.
<b>Servicio de procesamiento de imágenes</b>	Sin definir	cambia los valores de los atributos temáticos de una imagen usando una función matemática. Ejemplos de funciones son convolución, compresión de datos, extracción de objetos geográfico, filtros de frecuencia, operaciones geométricas, filtros no lineales y filtros espaciales.
<b>Servicio de generación de resolución reducida</b>	Sin definir	reduce la resolución de una imagen.

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicios de manipulación de imágenes</b>	Sin definir	opera con los valores de una imagen: cambio de color y valores de contraste, aplicación de distintos filtros, manipulación de la resolución de una imagen, eliminación de ruido, división en bloques o "striping", correcciones radiométricas sistemáticas, atenuación atmosférica, cambios en la iluminación de la escena, etc.
<b>Servicios de interpretación de imágenes</b>	Sin definir	proporciona detección automática de cambios en la imagen, registro de diferencias en la imagen, análisis de diferencias significativas y representación y diferenciación basada en modelos y basada en áreas.
<b>Servicios de síntesis de imagen</b>	Sin definir	crea o transforma imágenes usando modelos espaciales de computación, transformaciones de perspectivas y manipulación de las características de la imagen con el fin de mejorar la visibilidad, afinar la resolución, y/o reducir los efectos de coberturas nubosas o neblina.
<b>Servicio de manipulación de imágenes multibanda</b>	Sin definir	modifica una imagen usando múltiples bandas de la imagen. Ejemplos de este servicio son proporción, transformación de componentes principales, transformación del espacio de color en su intensidad, matiz, saturación o estiramiento de histograma.
<b>Servicio de detección de objetos</b>	Sin definir	permite detectar objetos del mundo real en una imagen.
<b>Servicio de geoanálisis sintáctico</b>	Sin definir	permite escanear documentos de texto para localizar referencias, tales como nombres de lugares, códigos de direcciones postales, etc., para ser preparados para su paso a un servicio de geocodificación.
<b>Servicio de geocodificación</b>	Sin definir	aumenta las referencias basadas en localización de texto con coordenadas geográficas (u otra referencia espacial).

### Servicios geográficos de procesamiento (temporal)

Cuando la propiedad que se modifica tiene que ver con un aspecto **temporal**, los servicios pueden ser:

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicios de detección de cambios</b>	Sin definir	encuentra diferencias entre dos conjuntos de datos que representan la misma área geográfica en diferentes momentos.
<b>Servicio de transformación del sistema de referencia temporal</b>	ISO 19108	cambia los valores de instancias temporales de un sistema de referencia temporal a otro sistema de referencia temporal.

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de subdivisión</b>	Sin definir	extrae datos de una entrada con intervalos continuos basándose en valores de posición temporal.
<b>Servicio de muestreo:</b>	Sin definir	extrae datos de una entrada usando un esquema de muestreo consistente basándose en valores de posiciones temporales.
<b>Servicio de análisis de proximidad temporal</b>	Sin definir	dado un intervalo temporal o evento, encuentra todos los objetos con un conjunto dado de atributos que están localizados dentro del intervalo especificado por el usuario con respecto al intervalo o evento.

### Servicios geográficos de procesamiento (metadatos)

Si la modificación es en los **metadatos**, el listado de servicios de procesamiento es el siguiente:

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de cálculo estadísticos</b>	Sin definir	calcula las estadísticas de un conjunto de datos, por ejemplo, media, mediana, moda y desviación estándar; estadísticas de histogramas y cálculo de histogramas; mínimo y máximo de una imagen; matriz de correlación multibanda; estadísticas espectrales; estadísticas espaciales; otros cálculos estadísticos.
<b>Servicios geográficos de anotación</b>	Sin definir	añade información complementaria a una imagen o a un objeto de una colección de objetos geográficos que aumenta o proporciona una descripción más completa.

### Servicios geográficos de comunicaciones

Los **Servicios geográficos de comunicaciones** son los responsables de la conexión entre las distintas capas de servicios. Son utilizados como amalgama entre las diversas operaciones que se pueden realizar con los objetos geográficos. Los servicios considerados en esta subcategoría son los siguientes:

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de codificación</b>	ISO 19118	permite la implementación de una regla de codificación y proporciona una interfaz para las funciones de codificación y decodificación.
<b>Servicio de transferencia</b>	ISO 19118	admite la implementación de uno o más protocolos de transferencia, que permite la transferencia de datos entre sistemas de información distribuidos sobre medios de comunicación. Para transferir datos entre dos sistemas de manera satisfactoria, el emisor y el receptor necesitan acordar el protocolo de transferencia que van a usar.

Nombre del servicio	Norma	Descripción del servicio
<b>Servicio de compresión de datos geográficos</b>	Sin definir	convierte porciones espaciales de una colección de objetos geográficos a un formato comprimido.
<b>Servicio de conversión de formatos geográficos</b>	Sin definir	convierte de un formato de datos geográficos a otro; servicio de mensajería: servicio que permite simultáneamente a múltiples usuarios ver, realizar comentarios y peticiones de edición sobre colecciones de objetos geográficos.
<b>Servicio de gestión de ejecutables y ficheros remotos</b>	Sin definir	admite acceso a almacenamiento secundario de objetos geográfico geográficos como si fueran locales para el cliente.
<b>Servicio de mensajería</b>	Sin definir	permite a múltiples usuarios ver simultáneamente colecciones de objetos geográficos, así como comentarlas y solicitar su edición.

En cuanto a los **Servicios geográficos de administración de sistemas**, hasta la fecha, no se han identificados servicios relacionados con esta categoría en los documentos sobre arquitecturas de referencia.