



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA**  
*Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*

Departamento de Agrimensura  
**CATEDRA DE TRABAJO FINAL**

**“Análisis y evaluación de las principales alternativas  
para brindar geoservicios en el marco de una  
Infraestructura de Datos Espaciales”**

**Alumno: OCAMPO, Rafael Jorge**

**Profesores: BOSCH, Luis Antonio  
PIUMETTO, Mario Andrés**

**Adscripto: MASQUIJO, Santiago**

**Año: 2016**

## **Resumen**

Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs) poseen una relevancia significativa en el campo de la utilización y distribución de la información geográfica. En este contexto el presente trabajo buscará estudiar, analizar, evaluar, comparar y documentar los principales estándares OGC y tipos de software existentes capaces de brindar geoservicios, generando así un documento bibliográfico que ayudará a la toma de decisiones al momento de poner en marcha una IDE.

Para llevar a cabo el trabajo, fue necesario profundizar en muchos conceptos relacionados a las Infraestructuras de Datos Espaciales y a los Sistemas de Información Geográficos, esto se ve en parte reflejado en el capítulo de conceptos fundamentales.

Luego se analizaron algunos de los estándares OGC utilizados en las IDEs, mencionando las características y funciones principales. A su vez se mencionaron el resto de estándares publicados por esta organización, para así dar una idea general al lector de las temáticas abordadas por el OGC.

Siguiendo un orden lógico, el siguiente tema a abordar fue el software para permitir la implementación de una IDE. Se analizaron algunos programas capaces de brindar geoservicios, detallando sus características, funciones y requerimientos.

La última etapa de la investigación, abarca la construcción de una IDE piloto para la provincia de Córdoba, mediante la instalación y configuración de todos sus elementos tecnológicos. Se utilizaron datos provistos por Catastro Provincial, Municipal y la Dirección General de Estadística y Censos.

Como parte de la aplicación práctica, se evaluó el piloto construido con cuatro casos prácticos de aplicación, en los que se simularon diferentes condiciones en las que un usuario podría acceder al geoportal y utilizar los geoservicios publicados.

## Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Presentación .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2 Objetivo general.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Objetivos específicos .....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 Metas .....</b>	<b>8</b>
 <b>Marco Teórico</b> 	
<b>2. Conceptos Fundamentales .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Datos e Información geográfica .....</b>	<b>9</b>
2.1.1 Componentes de los datos geográficos.....	10
2.1.2 Estructura de Datos Vectorial .....	11
2.1.3 Estructura de Datos Raster .....	12
<b>2.2 Georreferenciación.....</b>	<b>13</b>
2.2.1 Sistema de Referencia .....	13
2.2.2 Marco de Referencia.....	14
2.2.3 Elipsoide de referencia y geoide.....	15
2.2.4 Coordenadas Geográficas .....	17
<b>2.3 Proyecciones cartográficas .....</b>	<b>18</b>
2.3.1 Tipos de Proyecciones .....	19
2.3.2 Sistemas de Proyección .....	22
<b>2.4 Metadatos.....</b>	<b>23</b>
2.4.1 Normas de metadatos .....	24
<b>2.5 Sistemas de Información Geográfica.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6 Infraestructuras de Datos Espaciales.....</b>	<b>29</b>
2.6.1 Tareas que permite una IDE .....	33
<b>2.7 Open Geospatial Consortium.....</b>	<b>40</b>
2.7.1 Arquitectura de los servicios OGC .....	42
2.7.2 Lenguaje Extensible de Marcado (XML).....	43
2.7.3 Servicios y Protocolos .....	46
<b>3. Estándares OGC .....</b>	<b>47</b>
<b>3.1 Estándares de Codificación .....</b>	<b>47</b>
3.1.1 Lenguaje GML.....	47
3.1.2 Lenguaje KML.....	48
<b>3.2 Web Service Common .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3 Estándares para prestar servicios.....</b>	<b>51</b>
3.3.1 Web Map Service .....	51

3.3.2	Web Procesing Service.....	54
3.3.3	Web Feature Service:.....	56
3.3.4	Web Coverage Service .....	58
3.3.5	Catalog Service Web .....	60
3.3.6	OpenGIS Location Services .....	61
<b>3.4</b>	<b>Estándares para complementar servicios .....</b>	<b>64</b>
3.4.1	Web Map Tile Service .....	64
3.4.2	Stiled Layer Descriptor.....	65
3.4.3	Estándar TJS .....	66
3.4.4	Web Map Context Document .....	67
3.4.5	OWS Context.....	69
<b>3.5</b>	<b>Estándares adicionales .....</b>	<b>70</b>
<b>3.6</b>	<b>Formatos de codificación adicionales.....</b>	<b>80</b>
3.6.1	GeoJSON .....	81
3.6.2	TopoJSON.....	82
<b>3.7</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>83</b>
<b>Marco Práctico</b>		
<b>4.</b>	<b>Análisis y Comparación de Software .....</b>	<b>85</b>
<b>4.1</b>	<b>Software servidor de mapas .....</b>	<b>85</b>
4.1.1	Geoserver.....	85
4.1.2	MapServer .....	90
<b>4.2</b>	<b>Software para gestión de metadatos .....</b>	<b>92</b>
4.2.1	GeoNetwork.....	92
4.2.2	Geonode .....	95
<b>4.3</b>	<b>Software para visualización web.....</b>	<b>96</b>
4.3.1	OpenLayers .....	96
4.3.2	GeoExplorer .....	98
<b>4.4</b>	<b>Software SIG en la nube .....</b>	<b>100</b>
4.4.1	GIS Cloud.....	101
4.4.2	CartoDB.....	102
4.4.3	Otros .....	104
<b>4.5</b>	<b>Conclusión.....</b>	<b>105</b>
<b>5.</b>	<b>Prototipo de IDE en Córdoba.....</b>	<b>108</b>
<b>5.1</b>	<b>Obtención y adecuación de datos .....</b>	<b>109</b>
5.1.1	Catastro Municipal de Río Segundo.....	109
5.1.2	Catastro Provincial de Córdoba .....	112
5.1.3	Dirección General de Estadísticas y Censos .....	115
<b>5.2</b>	<b>Herramientas utilizadas.....</b>	<b>117</b>
5.2.1	SIG de Escritorio.....	117
5.2.2	Base de Datos .....	119

5.2.3	Geoportal.....	120
5.2.4	Servidor de Mapas.....	121
5.2.5	Catálogo de Metadatos.....	123
5.2.6	Visualizador.....	124
<b>5.3</b>	<b>Geoservicios utilizados .....</b>	<b>126</b>
5.3.1	Web Map Service / Web Map Tiled Service .....	126
5.3.2	Web Feature Service.....	127
5.3.3	Stiled Layer Descriptor.....	127
5.3.4	Web Processing Service .....	128
<b>5.4</b>	<b>Aplicaciones .....</b>	<b>129</b>
5.4.1	Generación de cartografía catastral .....	129
5.4.2	Mantenimiento de una base de datos.....	132
5.4.3	Acceso a servicios para complementar datos propios.....	134
5.4.4	Uso del servicio WPS con datos de diferentes nodos.....	137
<b>5.5</b>	<b>Conclusión.....</b>	<b>140</b>
<b>6.</b>	<b><i>Bibliografía.....</i></b>	<b>142</b>
<b>7.</b>	<b><i>Anexos.....</i></b>	<b>145</b>

## **1. Introducción**

### **1.1 Presentación**

La evolución de la informática en la actualidad ha generado un gran desarrollo en distintas áreas, entre ellas el tratamiento de información geográfica. Como mayor exponente de dicho desarrollo encontramos los **Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.)**, un conjunto de herramientas que facilitan el almacenamiento, análisis, manipulación y modelización de información geográfica.

Existen diferentes tipos de software SIG disponibles que permiten las operaciones antes mencionadas, los cuales generalmente poseen una estructura de datos propia. Esto dificulta la interoperabilidad de información al tratar de utilizar programas diferentes. A su vez la **Información Geográfica (I.G.)** posee metadatos (información descriptiva sobre los datos) que puede diferir en proyecciones, escalas, precisiones, entre otras.

Estos inconvenientes condicionan la utilización de **I.G.** proveniente de distintas fuentes. Es aquí donde toma relevancia una **Infraestructura de Datos Espaciales**: sistema informático integrado por un conjunto de recursos, entre ellos los **geoservicios**, los cuales se encuentran estandarizados por una organización internacional llamada **Open Geospatial Consortium (O.G.C.)**.

Este trabajo constará de dos grandes etapas: primero, un análisis e investigación de los diferentes estándares establecidos por el OGC, haciendo foco en los más utilizados para la prestación de servicios en el marco de una IDE. Segundo, una aplicación práctica en la que se montará un prototipo de Infraestructura de Datos Espaciales para la provincia de Córdoba, con el cual se podrán evaluar las diferentes soluciones que brindan los geoservicios para diferentes situaciones que enfrentan tanto instituciones (como por ejemplo un organismo catastral) como integrantes de la sociedad.

Se pretende generar un documento que facilite la elección y utilización de software, así como los servicios web a implementar, al momento de la instalación de un nuevo nodo IDE.

## 1.2 Objetivo general

- **Investigar, evaluar y documentar las principales alternativas para brindar geoservicios normalizados por el O.G.C. en el marco de una Infraestructura de Datos Espaciales.**

## 1.3 Objetivos específicos

- Analizar y comparar los diferentes estándares de servicios establecidos por el O.G.C. determinando los factores que motivan la elección de los mismos.
- Analizar y comparar diferentes tipos de software libres capaces de brindar geoservicios.
- Estudiar las plataformas de software SIG en la nube para la prestación ciertos geoservicios.
- Aplicar la información investigada en un prototipo de IDE para la provincia de Córdoba, poniendo a disposición los diferentes servicios web en un geoportal.
- Documentar lo investigado, de modo que el trabajo sirva como apoyo al momento de instalar un nodo IDE.

#### 1.4 Metas

- ✓ Recopilar información sobre los diferentes estándares de geoservicios establecidos por el OGC.
- ✓ Determinar las condiciones que favorecen a cada tipo de servicio.
- ✓ Definir fortalezas y debilidades de los principales tipos de software utilizados para brindar geoservicios a partir de pruebas reales.
- ✓ Establecer los factores que influyen al momento de la elección de los distintos programas.
- ✓ Seleccionar y probar los principales tipos de software de SIG en la nube que permiten la publicación de I.G. vía web.
- ✓ Identificar instituciones que trabajen con I.G. y software SIG, pero actualmente no estén brindando servicios IDE.
- ✓ Seleccionar los servicios a implementar y las aplicaciones a instalar.
- ✓ Instalar y configurar el software necesario para permitir un correcto funcionamiento de un geoportal y de geoservicios.

## Marco Teórico

### 2. Conceptos Fundamentales

#### 2.1 Datos e Información geográfica

Los datos indican un valor asignado a las cosas. Los datos son comunicados por varios tipos de símbolos tales como las letras del alfabeto, números, etc. La importancia de los datos está en su capacidad de asociarse dentro de un contexto para convertirse en información. Por sí mismos los datos no tienen capacidad de comunicar un significado y por tanto no pueden afectar el comportamiento de quien los recibe.

Por ejemplo al tomar la posición de un punto utilizando un receptor GPS, estamos obteniendo datos, que en este caso es un conjunto de números y símbolos: 34°55'30.55" S, 64°18'40.50" O.

En los casos donde el hecho descrito posee una componente geoespacial, ya sea la ubicación de lo descrito o una descripción del territorio en sí, nos encontramos frente a **Datos Geográficos** (D.G.). Hernández & Flores (2012) definen un dato geográfico como un hecho bruto que representa la realidad compleja y dinámica, por lo tanto el mismo no está exento de errores.

La información puede considerarse como el resultado de la interpretación y procesamiento de datos. Si un grupo de datos geográficos se ordenan, sistematizan y consultan combinándose entre sí, se han transformado entonces en **Información Geográfica** (I.G.).

Otra definición, apartándose del concepto de dato se encuentra definida por Chorley (1987) “La IG es aquella que puede relacionarse con localizaciones en la superficie de la Tierra”.

Sin duda la Información geográfica ha adquirido relevancia en la toma de decisiones en la actualidad. Metternicht (2006) nos da una referencia de ello al expresar que “alrededor del 80% de la información utilizada por los gobiernos y entidades públicas poseen una componente geoespacial”. De manera similar Olaya (2011) se refiere al tema diciendo

“Aproximadamente un 70% de la información que se maneja en cualquier tipo de disciplina esta georreferenciada...”

Puede inclusive esperarse que estos porcentajes se incrementen un poco, pues la componente geográfica adquiere sentido incluso para datos triviales. Por ejemplo una fotografía tomada desde un teléfono puede capturar los datos de la posición espacial utilizando un sistema GPS, incorporando así una georreferenciación a la imagen.

### 2.1.1 Componentes de los datos geográficos

El contenido de los datos geográficos no sólo es amplio, sino también diverso. Para su análisis se dividirá el mismo en dos componentes:

- ✓ Componente espacial
- ✓ Componente temática

La componente espacial se refiere a la posición georreferenciada de la información. Para ello necesitará de un sistema de coordenadas, un sistema de referencia y una proyección establecida.

Esta componente será almacenada de forma numérica, a través de coordenadas que podrán ser referidas a un elipsoide (latitud y longitud) o a una proyección dada (a través de coordenadas X e Y).

La componente temática abarca la información referida al hecho o fenómeno que ocurre en la localización antes mencionada, a través de sus características particulares.

Esta componente puede expresarse de distintos modos, pero puede hacerse una clasificación general en variables numéricas y variables alfanuméricas.

Otra forma clasificar los datos es según sus características específicas:

- **La posición**, es decir la ubicación con respecto a un sistema de coordenadas en una proyección específica
- **Los atributos temáticos** que responden a las preguntas ¿qué? ¿cómo?, etc.
- **El tiempo** ubicando los datos en una escala cronológica

- **Las relaciones espaciales** en referencia a las conexiones entre entidades geográficas, es decir la topología
- **La dimensión** que diferencia la variedad de objetos geográficos en las categorías antes mencionadas.

### 2.1.2 Estructura de Datos Vectorial

En este modelo los fenómenos y hechos se representan mediante entidades (puntuales, lineales o superficiales) las cuales están determinadas por sus coordenadas.

Si se analiza más detalladamente, podría definirse una sola entidad puesto a que una línea queda definida por una sucesión infinita de puntos y los polígonos son líneas cerradas.

La entidad que se utilice para la representación dependerá no sólo del fenómeno o hecho de la realidad sino también de la escala que se desee utilizar. Así un edificio en una escala de 1:1000 puede representarse a través de un polígono mientras que en escalas más pequeñas puede utilizarse un punto.

Este tipo de almacenamiento de la información posee dos ventajas claras: una precisión que dependerá solamente del relevamiento que dio origen a los datos, y un volumen de datos reducido puesto a que se almacena sólo aquellos elementos que se consideren importantes.

Al trabajar con datos geográficos, es importante tener en cuenta la relación que existe entre la componente geoespacial y la representación de la misma. Categorizamos los tipos de datos según su representación:

- Datos Puntuales
- Datos Lineales
- Datos superficiales
- Datos volumétricos

Para simplificar los posteriores análisis y debido a que no es la temática principal del trabajo, no se hará foco en la variable volumétrica.

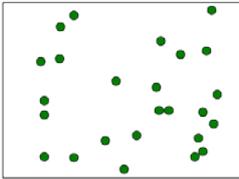
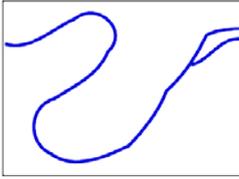
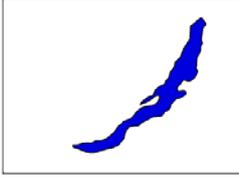
Primitiva	Entidad espacial	Representación	Atributos																		
Puntos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>Altura</th> <th>Diámetro Normal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>17.5</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>22</td> <td>45.6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15</td> <td>27.2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>19.7</td> <td>36.1</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ID	Altura	Diámetro Normal	1	17.5	35	2	22	45.6	3	15	27.2	4	19.7	36.1	...		
ID	Altura	Diámetro Normal																			
1	17.5	35																			
2	22	45.6																			
3	15	27.2																			
4	19.7	36.1																			
...																					
Líneas			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancho máx(m)</th> <th>Calado máx(m)</th> <th>Longitud(km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15</td> <td>4.3</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>3.9</td> <td>5.2</td> </tr> </tbody> </table>	Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)	15	4.3	35	6.3	3.9	5.2									
Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)																			
15	4.3	35																			
6.3	3.9	5.2																			
Polígonos			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Superficie(km )<sup>2</sup></th> <th>Profundidad máx(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>31494</td> <td>1637</td> </tr> </tbody> </table>	Superficie(km ) <sup>2</sup>	Profundidad máx(m)	31494	1637														
Superficie(km ) <sup>2</sup>	Profundidad máx(m)																				
31494	1637																				

Figura 2.1: representación vectorial. Fuente: Olaya, V. (2011)

### 2.1.3 Estructura de Datos Raster

Este modelo se basa en una malla o cuadrícula regular, donde cada “casillero” o celda posee un valor determinado. De este modo asignando a cada fenómeno en el espacio una representación numérica obtenemos una matriz rectangular de valores que representan el territorio.

Este sistema permite representar toda la superficie del terreno, sin la necesidad de elegir elementos puntuales como en el modelo vectorial, por lo que se obtiene un resultado más fidedigno al costo de un mayor volumen de datos, en ocasiones innecesario.

El ejemplo más común de este sistema de almacenamiento de la información son las imágenes digitales, donde el archivo consta de un gran número de celdas, donde el valor representado es la reflectancia de los objetos a una determinada longitud de onda.

Otra ventaja que trae aparejado este modelo es la simplicidad para la comparación entre distintos volúmenes de información o “capas”, principalmente al momento de automatizar estas operaciones por medio de una computadora. Las operaciones más comunes entre

archivos raster son operaciones algebraicas que a pesar de en ocasiones ser voluminosas en cuanto a datos, son velozmente realizadas por un computador.

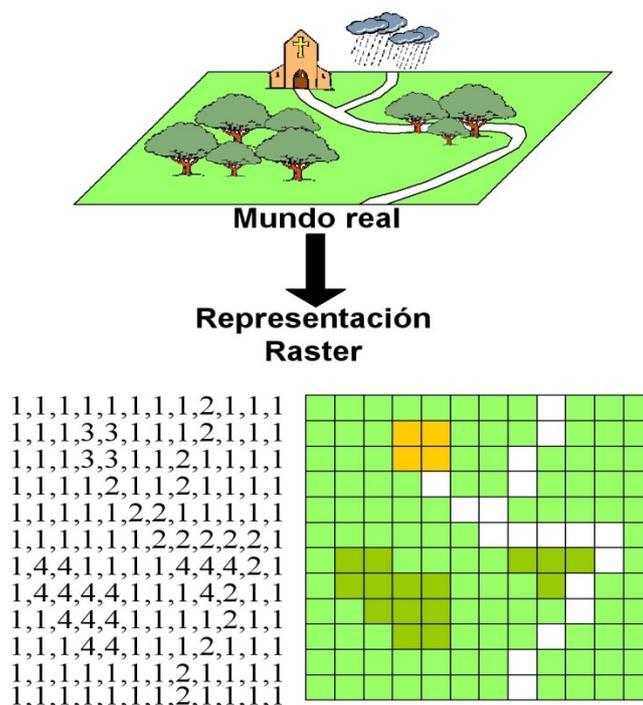


Figura 2.2: representación raster. Fuente: Palomar, J. (2015) Recuperado de <http://cgat.webs.upv.es>

## 2.2 Georreferenciación

Se mencionó anteriormente como parte fundamental de los datos geográficos la componente espacial. Se trata de una ubicación sobre el territorio, la cual se determinará utilizando algún punto o marco de referencia.

### 2.2.1 Sistema de Referencia

Los sistemas de referencia han sido utilizados para ubicar objetos o posiciones en el espacio. Desde el momento en que indicamos una localización a partir de otros elementos, estamos generando un sistema de referencia.

Sin embargo, en lo que respecta a la componente espacial de los datos, se requiere de una definición más concreta: Un **sistema de referencia** es una estructura geométrica para referir a coordenadas de puntos del espacio (Cano, 2010). Queda definido por cinco elementos:

- i. Situación del origen.
- ii. Direcciones de los ejes.
- iii. Escala.
- iv. Algoritmos necesarios para sus transformaciones espaciales y temporales.
- v. Constantes utilizadas en las definiciones y correcciones.

En un comienzo, los sistemas de referencia no poseían un origen común sino que variaba dependiendo factores de ubicación, tamaño y forma de la superficie a referenciar. Debido a esto coexistían una gran cantidad de sistemas de referencia locales, generando así dificultades para utilizar información proveniente de distintas fuentes.

Posteriormente, el uso de satélites artificiales marcó un quiebre en esta tendencia. Se propuso utilizar un sistema de referencia único en todo el planeta, simplificando así la interoperabilidad de los datos. Siguiendo esta línea, se llegó a la concepción de una Sistema de Referencia Terrestre Internacional (ITRS) definido por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS), el cual rota de manera solidaria a la tierra y su característica principal es poseer un origen geocéntrico ubicado en el centro de masa de la Tierra.

### 2.2.2 Marco de Referencia

Si bien un sistema de referencia es utilizado para referenciar un objeto o ubicación, el mismo no posee existencia física. Podría considerarse como un conjunto de definiciones y algoritmos.

Para que este sistema geométrico sea de utilidad necesita una materialización física que permita utilizarlo tanto para relevar datos, como para replantear una ubicación. En esta instancia toma relevancia un **Marco de Referencia**.

“Un Marco de Referencia es un conjunto de elementos que determinan de forma práctica un sistema de referencia y está constituido por las coordenadas de los puntos de definición, las

técnicas aplicadas en las observaciones o medidas y los métodos de cálculo aplicados para la obtención de los parámetros.” (Cano, 2010).

Es decir constituyen al marco de referencia tanto los puntos con coordenadas materializados en el terreno como la precisión de los mismos.

Estas materializaciones pueden tener una extensión pequeña (sistema de apoyo local generado para una obra) o pueden cubrir todo el planeta (Marco de Referencia Terrestre Internacional I.T.R.F.).

Puesto a que serán utilizados al momento de trabajar con distintas fuentes de datos, se mencionan a continuación algunos marcos de referencia que deben tenerse en cuenta:

1. ITRF: el marco que materializa ITRS queda determinado por dos componentes principales; una coordenada para cada punto y la velocidad de desplazamiento sobre la superficie terrestre.
2. SIRGAS: El Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas es un proyecto establecido por la mayoría de países sudamericanos, que especifica un sistema de referencia (con definición idéntica al ITRS) y un marco de referencia, ambos con la misma denominación. Puede considerarse como una densificación del ITRF en América conformado actualmente por más de 180 estaciones.
3. POSGAR: Posiciones Geodésicas Argentinas es el marco de referencia geodésico Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Es compatible con la red SIRGAS, Actualmente el marco establecido es POSGAR 07.

### 2.2.3 Elipsoide de referencia y geoide

Previo a las definiciones de sistemas de proyecciones, es necesario dar ciertas nociones básicas sobre conceptos geodésicos para posibilitar la comprensión de los temas a desarrollar.

Sin adentrarnos en la historia o detalles, podemos afirmar que para describir la forma de la Tierra fue necesario utilizar un nuevo concepto, el geoide. Se trata de una superficie equipotencial (es decir aquella superficie sobre la cual el valor del vector gravedad es homogéneo) cuya forma es casi esférica aunque posee un ligero achatamiento en los polos.

Representar este cuerpo por medio de un modelo matemático resulta tan complejo que el resultado no posee ninguna utilidad ya que el objetivo de modelar la realidad es simplificar la información. Siguiendo esta línea, surge como solución más simple y sencilla utilizar un elipsoide en revolución.

Esta figura geométrica simple es similar a una esfera, en la cual el radio no es constante sino que depende del emplazamiento. Se supone entonces a la Tierra como un elipsoide con un achatamiento en los polos, cuya relación se define según un factor de achatamiento:

$$f = \frac{r_1 - r_2}{r_1}$$

Siendo  $r_1$  el semieje mayor y  $r_2$  el semieje inferior.

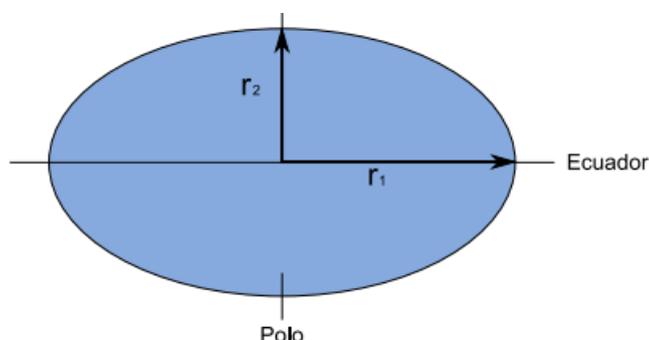


Figura 2.3: Parámetros que definen el elipsoide. Fuente: Olaya, V. (2011)

Con la elección del modelo teórico que se utilizará como superficie para aproximar la forma del planeta, resta definir sus parámetros. Para ello se utiliza un modelo de geoide; existen diferentes ya definidos, el más común es el elipsoide WGS 84.

Con la aparición de un sistema global (ITRS) y la evolución de las tecnologías disponibles, se necesitó definir los parámetros de un elipsoide que se adopte adecuadamente al planeta completo, y no a una zona determinada. El modelo elegido fue en principio el WGS72 que

luego fue reformulado dando lugar al elipsoide WGS 84, modelo estandarizado en la actualidad.

Elipsoide	Semieje mayor	Semieje menor	$\frac{1}{f}$
Australian National	6378160.000	6356774.719	298.250000
Bessel 1841	6377397.155	6356078.963	299.152813
Clarke 1866	6378206.400	6356583.800	294.978698
Clarke 1880	6378249.145	6356514.870	293.465000
Everest 1956	6377301.243	6356100.228	300.801700
Fischer 1968	6378150.000	6356768.337	298.300000
GRS 1980	6378137.000	6356752.314	298.257222
International 1924 (Hayford)	6378388.000	6356911.946	297.000000
SGS 85	6378136.000	6356751.302	298.257000
South American 1969	6378160.000	6356774.719	298.250000
WGS 72	6378135.000	6356750.520	298.260000
WGS 84	6378137.000	6356752.314	298.257224

Tabla 2.1: Ejemplos de Elipsoides y sus parámetros. Fuente: Olaya, V. (2011)

#### 2.2.4 Coordenadas Geográficas

Es muy frecuente en la actualidad que el resultado de un levantamiento de datos geográficos se muestre utilizando coordenadas sobre el elipsoide. Es decir se identifica un punto sobre la superficie mediante dos coordenadas, latitud y longitud.

- La latitud  $\phi$  es el ángulo entre la línea que une el centro del elipsoide con un punto de su superficie y el plano ecuatorial. Las líneas formadas por puntos de la misma latitud se denominan paralelos y forman círculos concéntricos paralelos al ecuador.

Por definición la latitud es  $0^\circ$  en el Ecuador, y divide el elipsoide en los hemisferios norte y sur.

- La longitud  $\lambda$  es el ángulo formado entre dos de los planos que contienen a la línea de los polos. El primero es un plano arbitrario que se toma como referencia y el segundo es el que, además de contener a la línea de los polos, contiene al punto en cuestión. Las líneas formadas por puntos de igual longitud se denominan meridianos y convergen en los polos.

Como meridiano de referencia internacional se toma aquel que pasa por el

observatorio de Greenwich, en el Reino Unido. Este divide el globo en dos hemisferios: este y oeste.

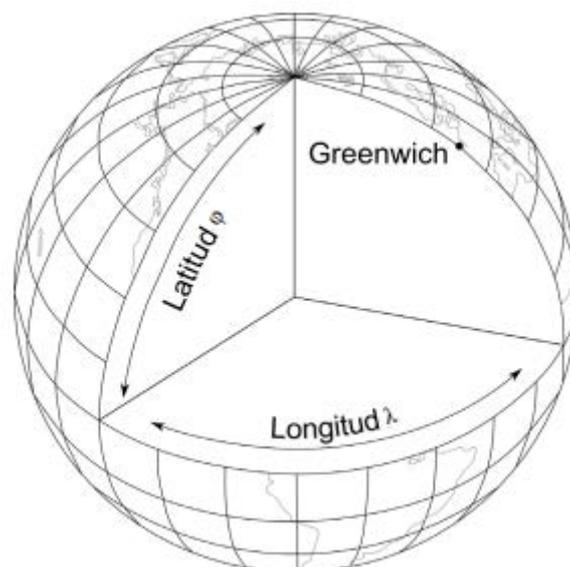


Figura 2.4: Sistema de coordenadas geográficas o esféricas. Fuente: Grupo de trabajo de la “International Cartographic Association, ICA” (2015). Recuperado de <http://mapyear.org/>

### 2.3 Proyecciones cartográficas

Para representar datos obtenidos de la Tierra u otro cuerpo celeste, en general utilizamos una superficie plana de base, por ejemplo un mapa. Estas representaciones se generan mediante la transformación de los datos de un ambiente tridimensional, a un plano.

Por lo general esta transformación no se realiza directamente, sino que primero se transforman datos de la realidad a un elipsoide y luego se proyecta la superficie del elipsoide a un plano, consiguiendo así que cada punto del elipsoide tenga su correspondiente en el plano.

“Las **proyecciones cartográficas** son una correspondencia biunívoca matemática entre los puntos de la superficie de una esfera o elipsoide de revolución, y los de un mapa. Se expresan en coordenadas planas o cartesianas  $x, y$ .” (como cita Hernández & Flores, 2012).

Dicha proyección no es posible sin distorsionar las medidas, es decir ciertas propiedades no se reproducen con fidelidad. Se puede ver en la figura 2.5 como la distancia a-b es diferente a la distancia A-B debido a la proyección realizada.

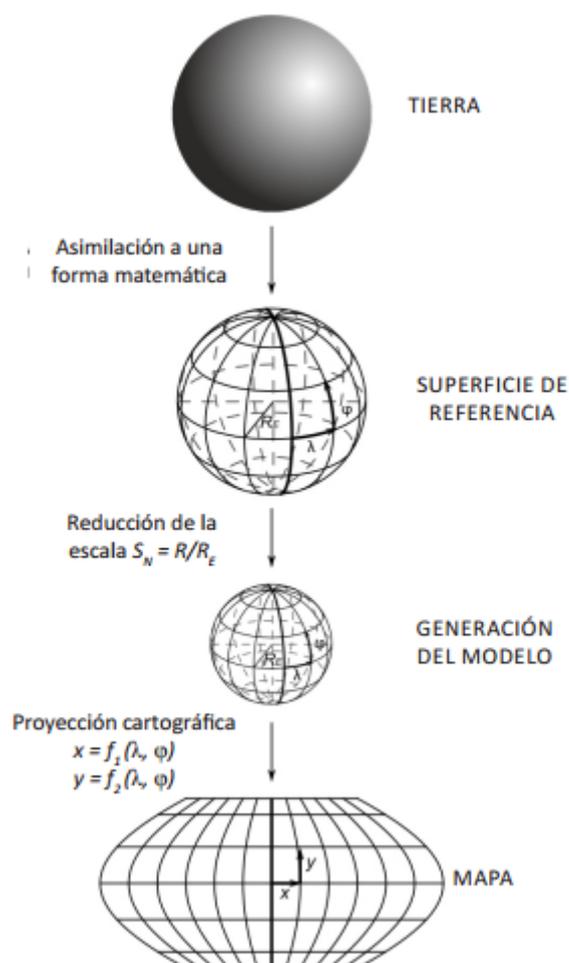


Figura 2.5: Ejemplo de deformación. Fuente: Grupo de trabajo de la “International Cartographic Association, ICA” (2015). Recuperado de <http://mapyear.org/>

### 2.3.1 Tipos de Proyecciones

Existen diferentes formas de realizar una proyección, lo cual determinará si las distorsiones están relacionadas con los ángulos, direcciones o distancias. En este sentido pueden clasificarse en tres tipos de proyecciones:

- **Proyección conforme:** Se mantiene el ángulo entre dos puntos medidos en la superficie de referencia y en el mapa.

- **Proyección equivalente:** Se conserva la superficie representada.
- **Proyección Equidistante:** Se conserva la distancia; si bien no se cumple en todo el mapa, se consideran deformaciones tan pequeñas que se admiten como tolerables.

Otra clasificación de las proyecciones depende de la superficie sobre la que se proyectan los puntos. Las superficies más habituales son superficies desarrollables, como por ejemplo un cono o un cilindro.

Existen tres tipos principales:

- **Cónicas:** La superficie desarrollable es un cono, que se sitúa tangente o secante en dos paralelos a la superficie del elipsoide. En este último caso, se minimiza la distorsión en las áreas entre dichos paralelos, siendo útil para representar franjas que no abarquen una gran distancia en latitud. Ejemplos de este tipo de proyección son la proyección cónica equiárea de Albers y la proyección conforme cónica de Lambert.

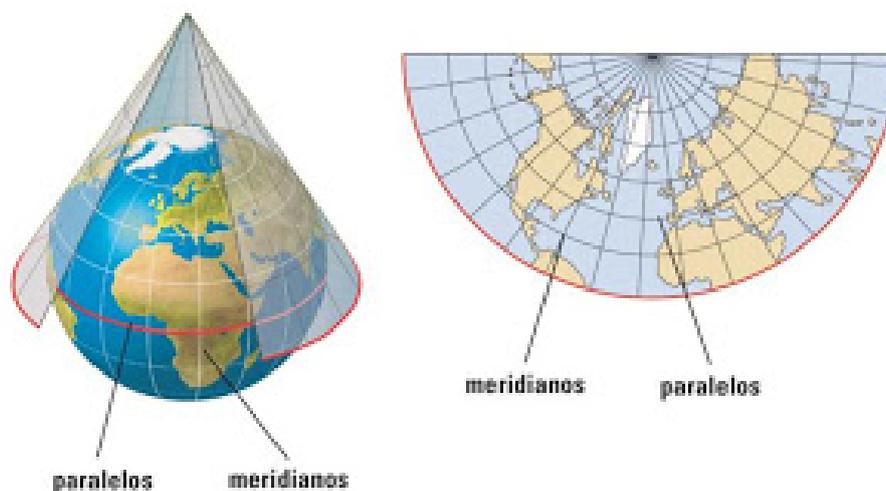


Figura 2.6: Proyección cónica. Fuente: Gutiérrez J. (2012) *Proyecciones cartográficas*. Recuperado de <http://conocegeografia.blogspot.com.ar/>

- **Cilíndricas:** La superficie desarrollable es un cilindro. En la proyección, los meridianos se convierten en líneas paralelas, así como los paralelos, aunque la distancia entre estos últimos no es constante.

El cilindro puede situarse con su propio eje en la misma dirección que el eje de giro de la Tierra (proyección normal), con estos ejes perpendiculares (proyección transversa) o en otra dirección (proyección oblicua).

De manera independiente a esta clasificación, la ubicación del cilindro con respecto a la superficie terrestre puede ser secante a la misma (proyección secante) lo cual provocará una deformación de la escala; o tangente a dicha superficie (proyección tangente).

Ejemplos relevantes son la proyección de Mercator o la transversa de Mercator.

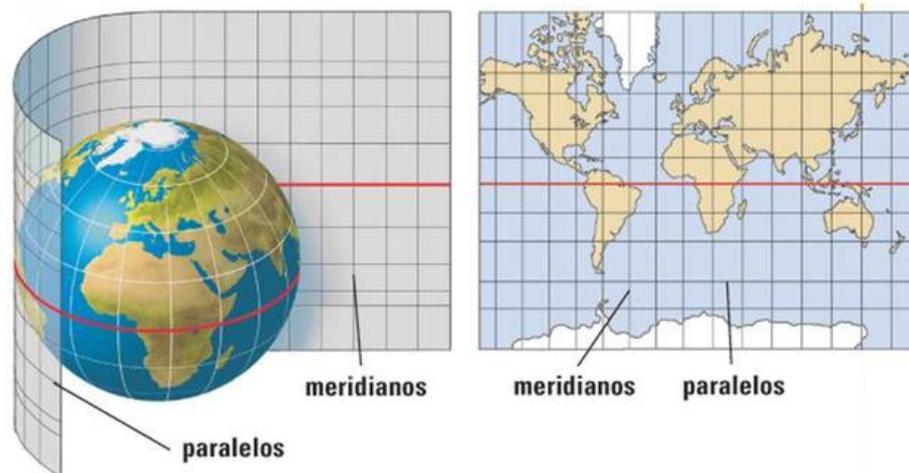


Figura 2.7: Proyección cilíndrica. Fuente: Mekijito V. (2013). *Métodos de representación cartográfica*. Recuperado de <http://carto1mexico-velazquez.blogspot.com.ar/>

- **Planas o azimutales:** La superficie desarrollable es directamente un plano. Tenemos distintos tipos en función de la posición del punto de fuga: gnómica o central, estereográfica y ortográfica. Se ve un ejemplo en la figura 2.5.

### 2.3.2 Sistemas de Proyección

Existen cientos de proyecciones actualmente, muchos de ellos prácticamente sin uso. Sin embargo son pocos los que poseen un uso extendido, ya sea por sus características o por el hecho de haber sido adoptado como estándar.

Una de las proyecciones más utilizada en todo el mundo es la proyección **Universal Transversa de Mercator (UTM)**. Hernández & Flores (2012) se refieren al respecto:

*La proyección UTM sigue los principios de la proyección cilíndrica de Mercator, con un cilindro transversal que toca la esfera terrestre en dos meridianos y es universal por su aplicación en toda la Tierra, excepto en zonas polares. El sistema UTM emplea hoy el elipsoide WGS-84, dividiendo así la Tierra en zonas rectangulares con una amplitud de 6° de longitud totalizando 60 husos, numerados de 1 a 60; mientras que en la latitud cada huso se divide en 20 zonas con una amplitud de 9° desde los 80° S hasta los 84° N, codificándolas desde la C hasta la X. Por lo tanto cada zona UTM se identifica por un número y una letra.*

*Dentro de cada zona, el meridiano central toma un valor de 500.000 metros por lo que los valores de la coordenada en X disminuyen hacia el Oeste y aumentan hacia el Este; En el caso de la coordenada en Y se parte con un valor de 0 metros aumentando hacia el Norte del Ecuador donde arbitrariamente se fija un valor de 10.000.000 que va descendiendo hacia el Sur del Ecuador. Se fija como factor de escala en la línea central de cada cuadrícula el valor 0.99960.*

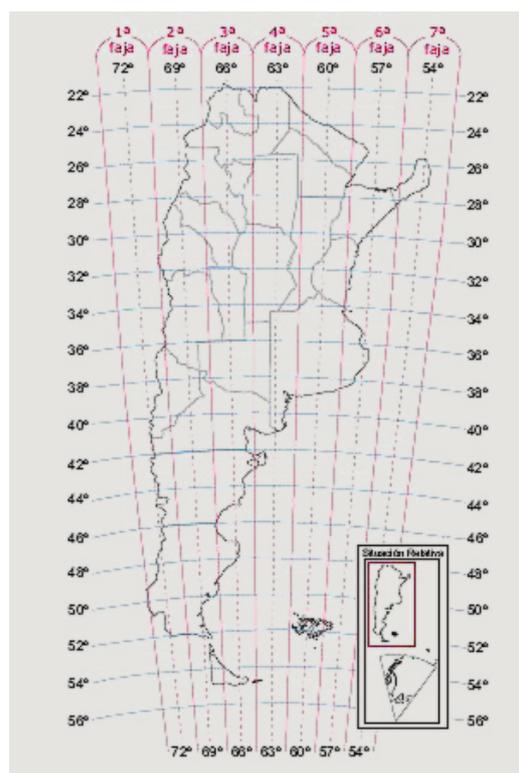


Figura 2.8: Fajas de la proyección Gauss-Krüger. Fuente: IGN. Sistema de proyecciones cartográficas. Recuperado de <http://www.ign.gob.ar/>

Otra proyección que es importante destacar es la oficial en la República Argentina: la proyección Gauss-Krüger.

Esta es una proyección cilíndrica del tipo transversa y tangente es decir sólo hace contacto con la superficie terrestre en un solo Meridiano, lo que se denomina Meridiano Central de Faja. A lo largo de este meridiano principal no existen deformaciones cartográficas. El cilindro utilizado cubre la totalidad del país en sentido Norte-Sur pero es de limitado desarrollo longitudinal (Este-Oeste) abarcando solamente 3°.

Es por ello que el país se divide en 7 fajas meridianas de Oeste a Este. Cada faja de la grilla mide 3° de ancho (longitud) por 34° de largo (latitud) y tiene como origen la intersección del Polo Sur con el meridiano central de cada faja. Se le asigna al meridiano central de cada faja el valor de 500.000 metros con el objetivo de evitar coordenadas negativas y al Polo Sur el valor de 0 metros.

Cabe señalar que en esta proyección el origen de las ordenadas X es el Polo Sur y son positivas hacia el Ecuador. Su valor expresa la distancia en metros del polo al punto, según la dirección del meridiano central de faja a la cual pertenece el punto. El origen de las abscisas “Y” es el meridiano central de cada faja (Instituto Geográfico Nacional, 2015).

## 2.4 Metadatos

La frecuencia con la que se utilizan datos geográficos en la actualidad, sumada al volumen existente, genera cada vez una mayor concientización de la importancia de los **metadatos** que este tipo de información debe poseer.

Para determinar la utilidad de un conjunto de datos geográficos en un campo de aplicación específico, los usuarios necesitan conocer quién lo creó, quién lo mantiene, su escala y exactitud, entre otros. Dicho conocimiento contribuye en última instancia, a determinar la interoperabilidad de los datos y su capacidad de compartirse e integrarse en diversos sistemas. (Cita Benavides y Arias Duarte, 2012).

Los metadatos pueden definirse como una descripción de los datos. Es decir es aquella información que trata sobre la calidad de los datos, sus características, métodos de obtención, etc.

“Los metadatos son fichas técnicas que proporcionan mecanismos de descripción, selección y análisis del uso de la información, a partir de diversos criterios.” (Benavides & Arias Duarte, Documentación de la Información Geográfica: Los Metadatos, 2012)

En particular, cuando se habla de los metadatos referidos a la información geográfica se hace referencia a aquella información sobre la precisión de los datos, métodos de obtención, proyecciones cartográficas, entre otras.

Otro papel fundamental de los metadatos es la importancia de los mismos para la gestión de calidad de los datos geográficos. Éstos se utilizarán para establecer un nivel adecuado, brindando información sobre los componentes de la calidad.

Sintéticamente, los campos de aplicación en los que se puede aprovechar la información provista por los metadatos son los siguientes:

- Mantenimiento y actualización de los conjuntos de datos.
- Localización y reutilización de los datos.
- Responsabilidad.

#### 2.4.1 Normas de metadatos

Los metadatos adquieren sentido al momento de compartir la información. Para tomar la decisión de incluir o no datos en un proyecto, es necesario conocer ciertas características como su fecha de creación, autor, precisión, escala, entre otros; información que quien generó los datos conoce, pero debe ser documentada al momento de publicarse.

Al ser datos de consulta por terceros ajenos a la fuente de origen, la idea de estandarizar los metadatos cobra sentido. En este contexto el principal generador de normas de este tipo es la Organización Internacional para la Estandarización (I.S.O.).

Las principales normas que rigen a los metadatos a nivel internacional son:

La norma **ISO 19115:2003** aprobada por el comité técnico 211 de ISO, titulada *Información geográfica. Metadatos*. En el año 2006 se publicó un *corrigendum* de dicha norma en ISO 19115:2003/Cor 1:2006.

La norma ISO 19115 proporciona un modelo y establece un marco común de terminología, definiciones y procedimientos de aplicación, que permiten describir datos geográficos. Es

aplicable a la catalogación de diferentes niveles de información tales como conjuntos de datos geográficos, series de conjuntos de datos o fenómenos geográficos individuales, entre otros. También proporciona información sobre la identificación, calidad, extensión geográfica y temporal, el sistema de referencia, la distribución de datos espaciales y muchos otros aspectos de DG. (Benavides & Arias Duarte, Documentación de la Información Geográfica: Los Metadatos, 2012).

Esta norma define un conjunto de casi 300 elementos, por lo que catalogar cada conjunto de datos por medio de la ISO 19115 es enormemente trabajoso. Para agilizar la tarea, existe un conjunto mínimo de metadatos, llamado núcleo o core, que facilitará la catalogación de la información.

La norma **ISO 19106:2004** sobre información geográfica, determina las reglas para establecer un perfil. Existen dos perfiles de metadatos destacados por la comunidad hispanohablante (Benavides & Arias Duarte, Documentación de la Información Geográfica: Los Metadatos, 2012):

- El perfil **NEM** (Núcleo Español de Metadatos) formado por elementos de ISO 19115, compuesto por un conjunto mínimo de elementos de metadatos recomendados en España para describir datos.
- El Perfil de Metadatos Geográficos para Latinoamérica (**L.A.M.P.**). El estándar define el esquema necesario para describir la información geográfica, proporcionando información sobre la identificación, el área geográfica, la calidad, la representación espacial, la referencia espacial, el contenido de los datos, la distribución de datos geográficos y los elementos necesarios para la creación de extensiones de metadato. (IGAC e IPGH, 2011)

Otra norma ISO referente a los metadatos es la **ISO/TS 19139**, que define el formato físico para intercambiar o almacenar los datos. Se establece un esquema XML<sup>1</sup> necesario para

---

<sup>1</sup> eXtensible Markup Language. Lenguaje utilizado para almacenar datos en forma legible.

generar metadatos conforme ISO 19115, los cuales serán generados a partir de los modelos UML<sup>2</sup>, aplicando reglas de codificación para transformar estos modelos en esquemas XML.

Se encuentra en vigencia también la norma **ISO 19119** sobre metadatos de servicio. Se busca regular la información sobre los servicios, elemento fundamental en la concepción de IDE. Para ello el Comité Técnico 211 elaboró en el año 2005 una norma que establece un modelo para describir los servicios web de IG y puede considerarse como una extensión de la norma 19115.

Por último la iniciativa de metadatos **Dublín Core (ISO 15836:2003)** nacida en Dublín en 1995, es una organización dedicada a la promoción y difusión de normas sobre la interoperabilidad de metadatos y el desarrollo de vocabularios especializados en metadatos para la descripción de recursos, de manera que el usuario pueda realizar búsquedas y recuperar información de una manera rápida y eficiente. (Kresse & Fadaie, 2002)

*Dublín Core* define quince elementos para describir cualquier tipo de recurso, pudiéndose documentar un fichero, servicio, publicación, programa, página web, etc. En el ámbito de la IDE esta normativa se utiliza para definir uno de los perfiles de acceso a los datos en el servicio de catálogo CSW.

En el marco nacional, IDERA<sup>3</sup> ha analizado y adaptado la normativa internacional generando así documentación sobre esquemas y perfiles de metadatos.

Estos documentos responden a ciertas preguntas fundamentales sobre la información geográfica: contenido de recursos (qué); localización y alcances espaciales (dónde); responsable de la creación, edición y difusión (quién); momentos de generación y actualización (cuándo); metodologías de captura y proceso de información para la generación del recurso (cómo).

---

<sup>2</sup> Lenguaje Unificado de Modelado. Es el lenguaje de modelado de sistema de software más conocido en la actualidad.

<sup>3</sup> La Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA) es una comunidad de información geoespacial que tiene como objetivo propiciar la publicación de datos, productos y servicios, de manera eficiente y oportuna como un aporte fundamental a la democratización del acceso de la información producida por el Estado y diversos actores, y al apoyo en la toma de decisiones en las diferentes actividades de los ámbitos público, privado, académico, no gubernamental y sociedad civil.

El perfil de metadatos IDERA está basado en la norma ISO 19115, más específicamente su **núcleo**, un subconjunto mínimo de elementos considerados indispensables. Los elementos dentro de este perfil poseen diferentes clasificaciones:

Clases:

- A. Información de identificación.
- B. Información sobre la calidad de los datos.
- C. Información del sistema de referencia.
- D. Información de distribución.
- E. Información del conjunto de Entidades de Metadatos.

Ordenes:

- A. Obligatorio
- B. Opcional
- C. Condicional

Tipo de datos:

- 1. Cadena de caracteres
- 2. Clase
- 3. Lista de códigos
- 4. Entero
- 5. Asociación

Si bien existe un perfil de metadatos IDERA llamado “PMIDERA”, se están desarrollando perfiles específicos para diferentes conjuntos de datos o servicios, aunque sólo se publicó el primero de la siguiente lista.

- Perfil de Metadatos para Datos Vectoriales – IDERA.
- Perfil de Metadatos para Datos Raster – IDERA.
- Perfil de Metadatos para Imágenes Satelitales – IDERA.
- Perfil de Metadatos para Servicio WMS – IDERA.
- Perfil de Metadatos para Servicio CSW – IDERA.

## 2.5 Sistemas de Información Geográfica

Previo a introducirse de lleno en las Infraestructuras de Datos Espaciales, es necesario exponerse en la definición de un **Sistema de Información Geográfica (S.I.G.)**.

“Un **Sistema de Información Geográfica (S.I.G.)** es una herramienta que permite analizar, presentar e interpretar hechos relativos a la superficie terrestre.” Tomlin (1990), citado por Olaya (2011).

Star & Estes considera que “un SIG es a la vez una base de datos con funcionalidades específicas para datos referenciados espacialmente y un conjunto de operaciones para trabajar con los datos” (como se cita en Gutiérrez Puebla & Gould, 2000)

El Instituto Geográfico Nacional Argentino (2015) lo define como “un conjunto de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas (usuarios), perfectamente integrado, de manera que hace posible la recolección de datos, almacenamiento, procesamiento y análisis de datos georreferenciados, así como la producción de información derivada de su aplicación”.

Víctor Olaya (2009) concluye que “Un SIG es un elemento complejo que engloba una serie de otros elementos conectados, cada uno de los cuales desempeña una función particular. Estos elementos son los datos, los procesos, la visualización la tecnología y el factor organizativo.”

Partiendo de estas definiciones, destacaremos en principio las funciones u operaciones que un SIG permite realizar:

- ✓ Almacenamiento y edición de datos geográficos.
- ✓ Análisis y procesamiento de dichos datos, produciendo así nueva información.
- ✓ Representación de esta información, tanto en formato digital como analógico.

Otra perspectiva se obtiene al tener en cuenta elementos principales:

- **Datos.** Elemento base que será utilizado en cualquier tarea.
- **Procesos.** Conjunto de metodologías y procedimientos que utilizarán sobre los datos.
- **Usuarios.** Aquellas personas dedicadas al manejo, mantenimiento y actualización de lo SIG.

- **Software.** Provee las herramientas informáticas que pongan en funcionamiento el sistema
- **Hardware.** Equipo informático que servirá como base para el software.

**En conclusión,** en este trabajo utilizaremos los **SIG** como herramientas que nos permitirán producir, gestionar, almacenar y representar información, no sólo partiendo de datos, sino también absorbiendo IG generada por otros usuarios.

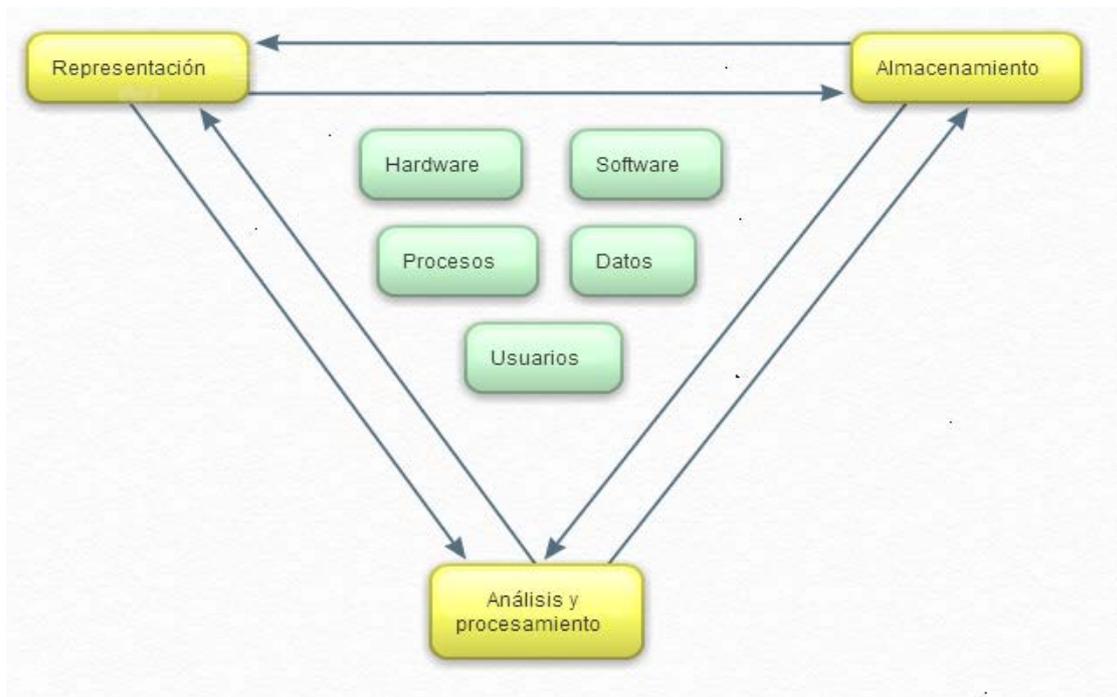


Figura 2.9: Funciones y elementos de un SIG. Fuente: elaboración propia

## 2.6 Infraestructuras de Datos Espaciales

La progresión de paradigmas en cuanto a la administración y publicación de datos geográficos que comenzó con la aparición de los SIG, condujo a una nueva forma de concebir los conceptos de propiedad, acceso y publicación de DG. Progresivamente las ideas de una gran base de datos personal o corporativa, o una un conjunto de BD distribuidas, con la que se genere información a través de los SIG, fue cambiando a un concepto donde lo generado debe ser de acceso sencillo.

“Cuando se dispone de datos georreferenciados, de ciertos recursos informáticos y se quiere o se tiene la necesidad de publicar la IG de manera eficaz, es necesario contar con una **infraestructura** que permita compartir, intercambiar, combinar, analizar y acceder a los datos geográficos de forma estándar e interoperable. Esta infraestructura no es más que un conjunto de recursos cartográficos disponibles en la red, sobre la que los datos serán más útiles al formar parte de un todo más completo.” (Bernabé-Poveda & López-Vázquez, 2012)

Con el auge que de Internet en la actualidad, sumado a la popularidad de acceder a datos e información a través de un navegador; compartir de forma simple e interoperable IG se convirtió en sinónimo de un servicio accesible vía web con un cliente ligero (un navegador común de cualquier pc).

Compartir información de forma estándar implica que la misma sea accesible universalmente, y no dependiente de cierto hardware o software específico. Una analogía común al respecto es el modelo de cargador utilizado en los teléfonos. Hace algunos años cada teléfono tenía su propio conector, por lo que se necesitaba un cargador específico según el teléfono. Esto se solucionó al estandarizar una nueva entrada, la cual es común para cualquier modelo, lo que permite recargar un teléfono sin necesidad de un producto específico.

Frente a esta situación donde se necesita interoperabilidad y estandarización, surge como respuesta la **Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)**. “Una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) es un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, aplicaciones, páginas web,...) que permite el acceso y la gestión de conjuntos de datos y servicios geográficos (descritos a través de sus metadatos), disponibles en Internet, que cumple una serie de normas, estándares y especificaciones que regulan y garantizan la interoperabilidad de la información geográfica. Así mismo, es necesario establecer un marco legal que asegure que los datos producidos por las instituciones serán compartidos por toda la administración y que potencie que los ciudadanos los usen.” (Consejo Superior Geográfico de España)

Otra definición más oficial se encuentra en la ley Nacional 14/2010 de España en su capítulo I artículo 3. “Infraestructura de información geográfica: Es una Infraestructura de datos espaciales, entendida como aquella estructura virtual en red integrada por datos georreferenciados y servicios interoperables de información geográfica distribuidos en

diferentes sistemas de información, accesible vía Internet con un mínimo de protocolos y especificaciones normalizadas que, además de los datos, sus descripciones mediante metadatos y los servicios interoperables de información geográfica, incluya las tecnologías de búsqueda y acceso a dichos datos; las normas para su producción, gestión y difusión; los acuerdos sobre su puesta en común, acceso y utilización entre sus productores y entre éstos y los usuarios; y los mecanismos, procesos y procedimientos de coordinación....”

A diferencia de la anterior, encontramos aquí una definición más específica donde se busca cubrir todos los conceptos que abarca una IDE. Si bien no se menciona expresamente, gran parte del texto refiere a una estructura donde se consulta por información y la misma se devuelve a través de un servicio, simplificando así los recursos requeridos por el usuario que desea acceder a diferentes datos geográficos.

Una última definición que se menciona la presenta Olaya (2011) “Podemos definir una IDE como un conjunto de datos espaciales, tecnología, normas y planes institucionales, todos ellos encaminados a facilitar la disponibilidad y el acceso a dichos datos espaciales.”

La **Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina** (IDERA) se refiere a esta cuestión de la siguiente manera: “Las IDE permiten acceder a datos, productos y servicios geoespaciales, publicados en Internet bajo estándares y normas definidos, asegurando su interoperabilidad y uso, como así también la propiedad sobre la información por parte de los organismos que la publican y su responsabilidad en la actualización.” Mencionando además el motivo principal para la creación de estas infraestructuras a nivel nacional: “Acorde con las políticas instaladas en materia de Gobierno Electrónico y libre acceso a la información, propias de un Estado moderno la Información Geográfica es un bien público y, su acceso y uso, debe ser considerado como un servicio público.”

Queremos rescatar los componentes principales de una IDE, los cuales describe claramente Maganto, Pascual, & Bernabé,(2012):

- ✓ Componente Político
- ✓ Componente Tecnológico
- ✓ Componente Geográfico
- ✓ Componente Social

Si en cambio se desea una descomposición más específica de las componentes antes mencionadas, se pueden considerar sus elementos (Bernabé-Poveda & López-Vázquez, 2012):

- **Los datos**, que deben estar al alcance de todos los usuarios, con posibles restricciones preestablecidas por el propietario.
- **El hardware y software**, que conforman la base sobre la que se publicará la información en Internet.
- **Los metadatos**, es decir la descripción de los datos y servicios disponibles; definiendo características y calidad de los mismos.
- **Las tecnologías**, que permitan buscar, acceder y explotar lo datos en remoto.
- **Los estándares** de datos y servicios que permiten la interoperabilidad, incluyendo en éstos las normas ISO.
- **Los acuerdos entre productores de datos**, tanto del sector público como particulares, para un desarrollo armonioso de una IDE.
- **El personal**, que mantiene en funcionamiento los sitios web y recursos informáticos pertenecientes a la IDE.
- **El esquema organizativo** que coordina la IDE en un país y reparte responsabilidades y esfuerzos.
- **El marco legal** que regula aspectos como información oficial, derechos de autor y licencias de uso, etc.
- **Las políticas** definidas por los gobiernos para regular y fomentar el uso y publicación de IG.
- **Los usuarios**, que tienen la posibilidad de incorporar datos y opiniones.

### 2.6.1 Tareas que permite una IDE

Una manera de complementar las definiciones de una IDE, formalizando así su concepto general es determinar las principales tareas que nos permite realizar. Bernabé-Poveda & López-Vázquez (2012) proponen la siguiente lista:

- **Buscar** IG disponible en una ubicación determinada, describiendo el formato y la manera de acceder a la misma. Conociendo también la calidad y forma de elaboración de la misma.
- **Visualizar** y superponer mapas, ortofotos, MDT (Modelo Digital del Terreno) y datos geográficos en general de diferentes fuentes.
- **Buscar** una entidad geográfica por su nombre y encontrar así su localización.
- **Acceder** a las entidades geográficas en un formato estándar, obteniendo también sus atributos, coordenadas, topología y geometría.
- **Realizar operaciones de análisis** básicas
- **Realizar transformaciones** de un modelo de datos a otro diferente, pues ambos están normalizados.
- **Descargar** los datos que se necesiten para analizarlos en un SIG de escritorio en caso de necesitar servicios de procesamiento superiores a los brindados por la IDE.

## 2.7 Infraestructuras de Datos Nacionales

A continuación se detallan algunas Infraestructuras de Datos Espaciales con jurisdicción nacional que se encuentran brindando servicio en la actualidad. Una lista completa puede hallarse en la página principal de IDERA.

### 2.7.1 Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina

“La Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA) es una comunidad de información geoespacial que tiene como objetivo propiciar la publicación de datos, productos y servicios, de manera eficiente y oportuna como un aporte fundamental a la democratización del acceso de la información producida por el Estado y diversos actores, y al apoyo en la toma de decisiones en las diferentes actividades de los ámbitos público, privado, académico, no gubernamental y sociedad civil. A través de su representación, IDERA busca mantener un carácter nacional y federal.” (IDERA, 2015)

Las IDE permiten acceder a datos, productos y servicios geoespaciales, publicados en internet bajo estándares y normas definidos, asegurando su interoperabilidad y uso, como así también la propiedad sobre la información por parte de los organismos que la publican y su responsabilidad en la actualización.

La iniciativa IDERA comenzó en el año 2007 y actualmente cuenta con la adhesión y publicación de información de una importante cantidad de organismos nacionales, provinciales, municipales y de investigación.

IDERA se rige por los siguientes principios aprobados por la reunión de la Asamblea realizada en 2012 en la provincia de Jujuy:

- Cooperación.
- Participación.
- Coordinación.
- Planificación.
- Eficacia y eficiencia.
- Competencia.

- Estandarización.
- Difusión.
- Servicio a la comunidad.
- Equidad.

Si bien el nombre puede resultar confuso, IDERA no es sólo una Infraestructura de Datos Espaciales, sino que es un organismo con el objetivo principal de sentar las bases para la construcción de IDEs en el país.

IDERA actualmente no posee datos publicados a través de servicios web, sin embargo se puede acceder desde su página web a visualizador perteneciente a este organismo, que utiliza información de diferentes fuentes nacionales y provinciales.

### 2.7.2 Instituto Geográfico Nacional

“En la actualidad, y ajustándose a las Normas y estándares internacionales, el Instituto Geográfico Nacional ofrece su base de datos geográfica a través de la publicación de los servicios WMS y WFS conforme a los estándares del Open Geospatial Consortium.” (Instituto Geográfico Nacional, 2015)

El Geoportal contiene diferentes visualizadores, entre los que se destaca un mapa navegable principal del IGN. Allí se puede encontrar el mapa base topográfico, que presenta los datos vectoriales del IGN representados a diferentes escalas. Este mapa base contiene la información proveniente de la base de datos geoespaciales institucional, y es actualizada de manera permanente y alimentada a medida que avanzan los diferentes proyectos de generación de información del Instituto.

El Geoportal del IGN ofrece acceso a los siguientes recursos:

- Cartografía oficial e información geoespacial de la República Argentina
- Fotos aéreas de alta resolución obtenidas por el IGN
- Redes Geodésicas
- Atlas Nacional Interactivo de Argentina
- Construcción de un mapa seleccionando capas personalizadas

- Análisis espacial: selecciones basadas en localización, áreas de influencia, cálculo de un perfil topográfico.

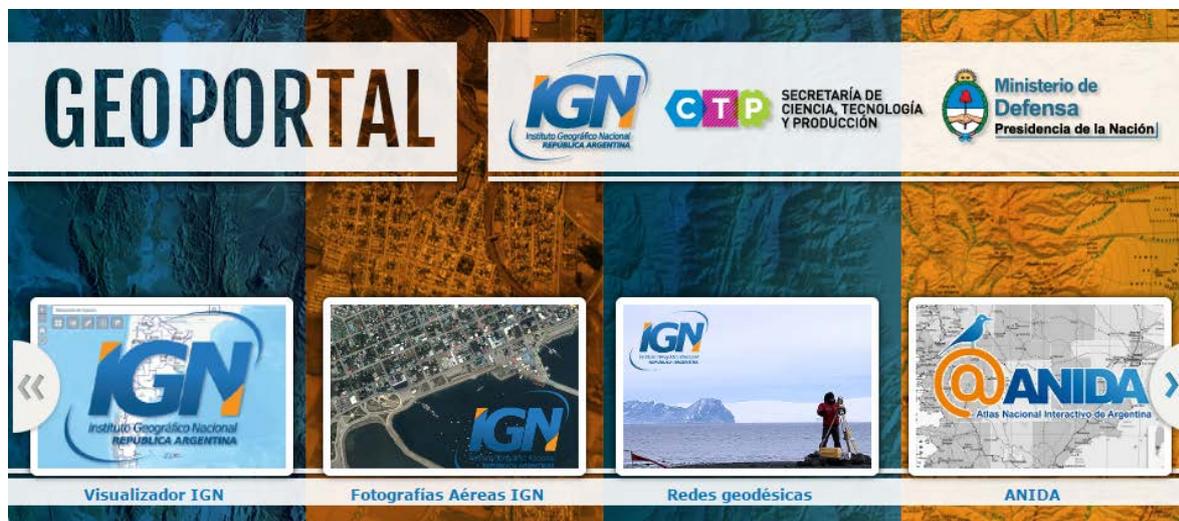


Figura 2.10: Geoportal Instituto Geográfico Nacional Argentino

Como indica en su página web el IGN, actualmente ofrece dos servicios OGC que son posibles de utilizar a través de un cliente SIG de escritorio. Para su publicación utiliza el programa Geoserver en su versión 2.5, habilitando las funciones WMS y WFS.

El visualizador y las herramientas ofrecidas a través del geoportal se realizaron utilizando un software servidor llamado ArcGIS Server. Utilizando como capa base las imágenes satelitales provistas por ESRI, el visualizador permite seleccionar las capas deseadas generando a su vez una leyenda para el mapa.

Para usar ciertas herramientas SIG (por ejemplo un perfil topográfico) a través de un navegador, el IGN dispone de un visualizador independiente.

Adicionalmente, desde el Geoportal se puede acceder a diferentes visualizadores que presentan información geográfica que surge de distintos proyectos interinstitucionales en los que participa el IGN, tales como el ANIDA, Atlas Nacional Interactivo y los mapas de las amenazas elaborados por la Comisión de Trabajo de Gestión de Riesgo, coordinada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

### 2.7.3 Ministerio de Defensa

Ofrece un catálogo de metadatos a través de **GeoNode**. A su vez aprovecha las funciones de esta aplicación para una pre visualización o descarga de capas existentes. Por último si se desea buscar un mapa existente o confeccionar un mapa a partir de las capas publicadas, este organismo ofrece los servicios de visualización web utilizando **GeoExplorer**.

Los servicios web ofrecidos son: WMS y WFS. Ambos son provistos por el programa GeoNode el cual posee integrado como componente a GeoServer.



Figura 2.11: Nodo IDE del Ministerio de Defensa.

## 2.8 Infraestructura de Datos Espaciales Provinciales

### 2.8.1 Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe

“La Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe - IDESF, es el conjunto de políticas, estándares, procedimientos y recursos tecnológicos que facilitan la producción, obtención, uso y acceso de información geográficamente referenciada de cobertura provincial.” (IDESF, 2011)

La IDESF pretende reunir los datos geográficos provinciales para su uso en los procesos de toma de decisiones, de manera coordinada y teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios.



Figura 2.12: Logo oficial IDESF.

Todos los recursos de esta IDE se encuentran disponibles en un geoportal propio, en el cual además se publica información de interés (espacio llamado “Geo-Novedades”) y links a páginas útiles como sitios de referencia sobre el tema, visualizadores nacionales, boletines y revistas, entre otros.

El único geoservicio que IDESF brinda con la posibilidad de ser capturado y utilizado por un cliente SIG de escritorio es en base al estándar WMS, contando con las dos operaciones obligatorias del mismo y con la operación de consulta espacial opcional.

Las características de los servicios WMS son:

- Versión: 1.1.1
- Sistemas de referencia admitidos:
  - EPSG:4326 (WGS 84)
  - EPSG:22185 (POSGAR94 / Argentina 5)
  - EPSG:3857 (Web Mercator)
- Formatos de imagen admitidos:
  - png24
  - png
  - jpeg

## 2.8.2 IDECOR

IDECOR, es la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), de la Provincia de Córdoba. Fue creada por decreto provincial 1075/13, en el ámbito la Secretaría de Planificación, dependiente del Ministerio de Planificación, Inversión y Financiamiento.

Una IDE es en un espacio en donde se articulan tecnologías, políticas, acuerdos institucionales, recursos y procedimientos estandarizados de trabajo, cuya meta principal es hacer accesible la Información Geográfica mediante la cooperación de sus integrantes.

La base de implementación de IDECOR fue el Proyecto ETISIG (Equipo de Trabajo Interinstitucional en Sistemas de Información Geográfica), esta fue una iniciativa que tuvo lugar en el año 2004 en el ámbito de la Administración Pública de la Provincia de Córdoba.

Los objetivos principales de IDECOR se mencionan a continuación:

- Coordinar el desarrollo de una base de datos geoespaciales y registros administrativos asociados al territorio de la Provincia.
- Implementar mecanismos que permitan asociar con integridad y seguridad los datos geoespaciales con datos estadísticos y registros administrativos.
- Establecer un sistema interconectado que permita publicar información descriptiva de los datos y servicios de información espacial.
- Implementar estándares de captura, almacenamiento e intercambio de metadatos, así como estándares de interoperabilidad de servicios de información geoespacial.
- Promover y participar en el desarrollo de sistemas, aplicaciones y servicios informáticos referidos a datos geoespaciales, estadísticos y registros administrativos asociados.
- Fomentar la cooperación técnica y financiera, a nivel provincial, nacional e internacional para el mejor desarrollo de IDECOR.

## 2.10 Open Geospatial Consortium

La evolución que han tenido las comunicaciones a nivel global, especialmente el caso de Internet, impulsó a organizaciones de todo el mundo a conectarse entre sí a través de la red y publicar información permitiendo el acceso y la utilización a terceros. Se generaron así diversas infraestructuras basadas en Internet que permitieron compartir información que sea interoperable. Un ejemplo claro de estos son las IDE, que al igual que otras infraestructuras, se basan en acuerdos entre los miembros que establezcan, entre otros aspectos, las condiciones y características que tendrá la información publicada.

Como resultado de la necesidad de la interoperabilidad de la IG al momento de compartirla por Internet, fue necesario establecer estándares que definan condiciones mínimas de los servicios a brindar.

En este contexto surgió el **Open Geospatial Consortium (O.G.C.)**, una organización internacional sin fines de lucro, comprometida con lograr estándares libre de calidad para la comunidad geoespacial global. Estos estándares son realizados a través de procesos consensuados y están disponibles libremente para el uso indistintamente del usuario, para así mejorar el reparto de datos geoespaciales globales (Open Geospatial Consortium, 2015).

Iniesto & Núñez (2014) dan una definición siguiendo el mismo orden: “El Open Geospatial Consortium es una organización internacional y voluntaria dedicada a la elaboración de estándares. En el OGC participan más de 350 organizaciones miembro, incluyendo entre ellas a los principales fabricantes del sector, agencias nacionales, grupos de investigación u organizaciones sin ánimos de lucro, entre otros. Estas organizaciones miembro colaboran para alcanzar consensos y desarrollar e implementar estándares en el ámbito de los contenidos geoespaciales.”

Los estándares a los que se hace referencia, son usados en una amplia variedad de dominios, incluyendo medio ambiente, defensa, salud, agricultura, meteorología, desarrollo sustentable y muchos más.

En cuanto a su estructura orgánica, Bernabé-Poveda & López-Vázquez (2012) refieren a tres programas que articulan la OGC:

- Programa de especificación (*Specification Program, SP*).
- Programa de Interoperabilidad.
- Programa de alcance y adopción.

#### Programa de especificación

En el **Programa de Especificaciones OGC** (OGC Specification Program, SP) se define el proceso mediante el cual se formaliza un estándar OGC. Se aborda el problema de la interoperabilidad de modo teórico y deliberativo, aprobando los resultados de forma consensuada por parte de los miembros de OGC. El eje coordinador del programa es el **Comité técnico** (Technical Committee, TC), el cual decide qué trabajos emprender y la validez de los resultados.

La elaboración de un estándar OGC suele comenzar con la propuesta de un miembro, el cual detecta una carencia o necesidad a partir de los resultados del programa de interoperabilidad. El TC forma un grupo de trabajo para cada propuesta de estándar, llamado SWG, que está encargado de concretar la propuesta. El resultado es una serie de documentos técnicos y propuestos de acciones.

El TC también puede promover la creación de grupos de trabajo temáticos donde se discuten las cuestiones relacionadas con la interoperabilidad de la información geoespacial en sectores profesionales determinados.

#### Programa de Interoperabilidad

El **Programa de Interoperabilidad OGC** (OGC Interoperability Program) permite definir, documentar, mejorar y poner a prueba las especificaciones actuales. El propósito principal es conseguir de manera rápida y práctica, el desarrollo de estudios y prototipos de infraestructuras interoperables basados en estándares OGC.

## Programa de Alcance y Adopción

El **Programa de Alcance y Adopción** (OGC Outreach and Adoption Program) ofrece posibilidades para ayudar a usuarios y desarrolladores a utilizar los beneficios de los estándares. Realiza publicaciones, talleres, seminarios y conferencias que permite una mejor introducción a las capacidades de las arquitecturas OGC.

### 2.10.1 Arquitectura de los servicios OGC

En general todos los servicios estandarizados por el OGC poseen características en común, las cuales están recogidas en el estándar *OWS Common*, publicado en la página oficial (<http://www.opengeospatial.org/>):

- Arquitectura cliente-servidor
- Protocolos web
- Formato de documento
- Mecanismo de control de errores
- Operación común *GetCapabilities*
- Negociación de versiones

En una línea similar a la idea sobre necesidades de interoperabilidad que existieron al momento de definir estándares en las IDE, se establecieron también estándares para la transferencia de información entre computadoras. Un ejemplo muy difundido es el lenguaje HTML<sup>4</sup> destinado a la creación de documentos y aplicaciones web (World Wide Web Consortium, 2015).

Uno de los desarrollos de importancia de la organización “World Wide Web Consortium” (W3C) es el lenguaje *eXtensible Markup Language* (XML). “XML no es un lenguaje en sí, sino que permite definir la gramática de otros lenguajes. Es lo que se conoce como metalenguaje. De este modo, puede utilizarse para definir reglas para crear formas de expresión que permitan recoger cualquier tipo de información” (Olaya, 2011)

---

<sup>4</sup> *HyperText Markup Language*. Lenguaje utilizado para la elaboración de páginas web.

Un último concepto a destacar, es el de lenguajes geoespaciales. “Se pueden considerar **lenguajes geoespaciales** aquellos que, haciendo uso de ordenadores para su procesamiento y comunicación, presentan algún componente geográfico en datos o procedimientos. Estos lenguajes pueden usarse con diferentes propósitos, entre otros, para consultas o para intercambio de datos. Además, pueden ser lenguajes creados para atender requisitos particulares de las aplicaciones o de uso general.” (Gutiérrez, Malinowski, & Rodríguez, 2012)

Existen dos lenguajes geoespaciales que se destacan sobre el resto: GML y KML, ambos están basados en XML y forman parte de las especificaciones del OGC.

### 2.10.2 Lenguaje Extensible de Marcado (XML)

“XML es un formato basado en texto, parecido al HTML en muchos aspectos, específicamente diseñado para almacenar y transmitir datos, sobre todo alfanuméricos.” Señala Iniesto & Núñez (2014) quienes a su vez describen la estructura de este tipo de documento a partir de sus componentes:

- a) Elementos (etiquetas): un elemento es todo aquello que va delimitado por una etiqueta de comienzo (<etiqueta>) y una etiqueta de fin (</etiqueta>).
- b) El nombre de los elementos puede contener cualquier carácter alfanumérico, además del subrayado o subguión “\_”, del guión “-” y del punto “.” y solo puede comenzar por caracteres alfabéticos o subguión. No puede contener espacio en blanco, por lo que <mapa top> debería sustituirse por <mapa\_top>.

c) Texto (cadena de caracteres): el contenido de un elemento puede ser texto, otros elementos o una combinación de estos.

- Texto:

```
<nom>Pedro G.</nom>
```

- Elementos:

```
<prestamos>
```

```
<libro> Libro 2</libro>
```

```
</prestamos>
```

- Contenido mixto:

```
<mail>
```

```
Hola, te adjunto las imágenes
```

```
<firma>Juan</firma>
```

```
</mail>
```

d) Entidades predefinidas: XML define un conjunto de entidades predefinidas que permiten representar caracteres especiales, de forma que el procesador de XML no los interprete de forma literal. Por ejemplo el operador “<” no puede utilizarse puesto a que se considera inicio de un elemento; para ello se utiliza una entidad predefinida (&lt) que cumple la misma función.

e) Secciones CDATA<sup>5</sup>: además de la construcción anterior, existe una segunda denominada CDATA que también hace posible esa labor. Por ejemplo cuando se quiere incluir un fragmento HTML dentro de un XML. Si queremos evitar la utilización de las referencias a entidades (complican la legibilidad), podemos declarar

---

<sup>5</sup> Término que indica que una cierta parte del documento son datos de carácter general, en lugar de datos de datos o caracteres que no sean de carácter con una estructura más específica y limitada.

una sección CDATA, puesto que todo lo que incluya ésta no será analizado sintácticamente por el procesador.

- f) Comentarios: el documento puede ir comentado, para facilitar su interpretación. Los comentarios van delimitados por `<!--ejemplo-->` y pueden aparecer en cualquier parte del documento, pero no dentro de las etiquetas.
- g) Instrucciones de proceso: las instrucciones de proceso son componentes de la estructura XML que permiten indicar ciertos aspectos o características sobre el propio documento. Todas ellas van delimitadas por la cadena `<?.....¿>`.
- h) La declaración XML: es de carácter opcional, pero si aparece debe ser la primera línea del documento. Su definición es similar al de instrucción de proceso `<?xmlversión="..."encoding="..."standalone="..."?>`  
Esta declaración tiene tres atributos: versión, encoding, standalone.

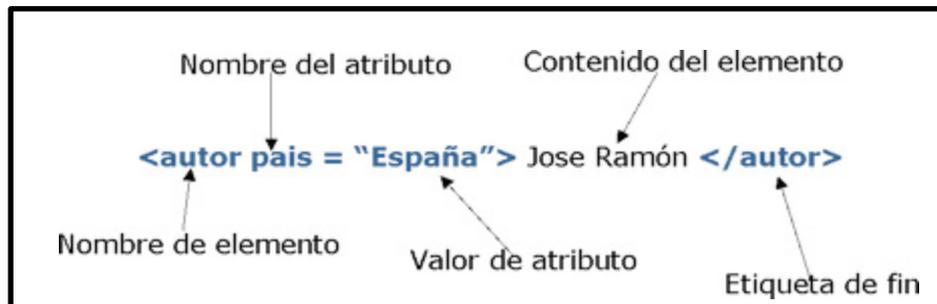


Figura 2.13: Estructura XML. Fuente: Manual de XML. XML ¿qué es? Recuperado de <http://www.mundolinux.info/que-es-xml.htm>

### 2.10.3 Servicios y Protocolos

Dentro de las especificaciones que define el OGC, se encuentran los servicios y protocolos. Gutiérrez, Malinowski, & Rodríguez (2012) se refieren a ellos de la siguiente manera:

Un **servicio** es una forma de intercambio de información, que consiste en una o varias operaciones realizadas por el software como respuesta a la petición del cliente que solicita el servicio específico. Por ejemplo el servicio WFS-T<sup>6</sup>.

El **protocolo** se define como un conjunto de reglas semánticas y sintácticas que determinan el comportamiento de entidades interactuando entre sí. Por ejemplo el protocolo HTTP<sup>7</sup>.

Un **formato de datos** o lenguaje, es un conjunto de reglas y normas que se establece y se aplican a la información para su almacenamiento y transporte. Al conocer el formato, el receptor es capaz de interpretarlo adecuadamente. Ejemplos utilizados en Internet son el XML o el GML.

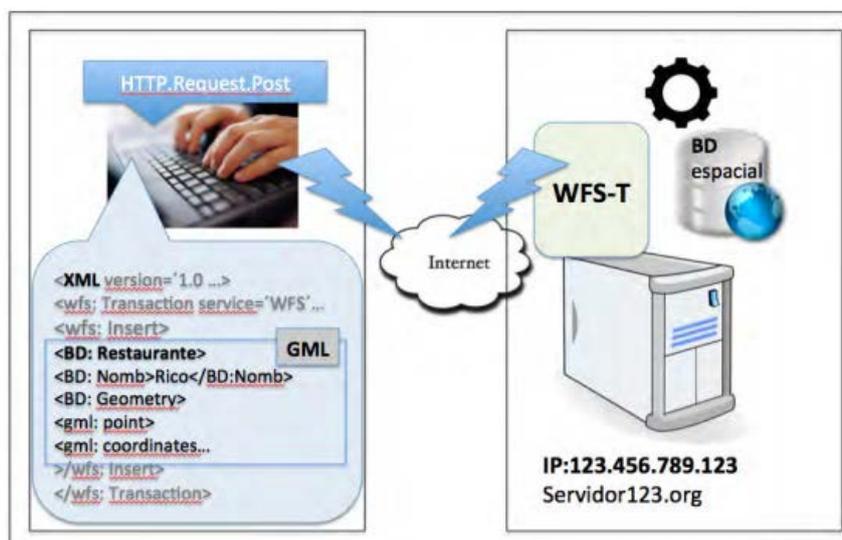


Figura 2.14: Servicio, protocolo y lenguaje. Fuente: Bernabé-Poveda & López-Vázquez (2012)

<sup>6</sup> Servicio que permite insertar un objeto geográfico en una capa.

<sup>7</sup> Hypertext Transfer Protocol . Es el protocolo usado en cada transacción de la World Wide Web.

### **3. Estándares OGC**

La gran cantidad de estándares existentes y la diversidad de sus alcances sugieren que éstos se clasifiquen según determinadas características, facilitando así su comprensión. En este capítulo se utilizará aquella clasificación que tiene en cuenta las funciones del servicio.

#### **3.1 Estándares de Codificación**

##### **3.1.1 Lenguaje GML**

El *Geography Markup Language* (GML) es un lenguaje basado en XML, diseñado para el almacenamiento de información geográfica. GML es un lenguaje extremadamente genérico, que permite recoger tanto datos raster como vectoriales y hacerlo con mucha flexibilidad. Por ejemplo se pueden recoger datos vectoriales sin que exista una geometría asociada, es decir almacenar sólo sus atributos. (Olaya, 2011)

Un ejemplo en el que representa una línea como una abstracción de la calle puede verse en la figura 3.1; donde los elementos presentes pueden agruparse de la siguiente forma (Gutiérrez, Malinowski, & Rodríguez, 2012):

**Definición de la colección de objetos geográficos:** se lleva a cabo por medio del elemento <gml:FeatureCollection>, el cual indica la existencia de objetos que forman parte de la colección.

**Definición de datos convencionales** (no espaciales): permite incluir descripción del objeto de acuerdo a las necesidades de los usuarios, siguiendo las especificaciones de documentos XML.

**Definición de datos espaciales:** describe las características espaciales del objeto incluyendo sistema de referencia espacial usado (gml:LineString) y la especificación de las coordenadas de los puntos que la conforman.

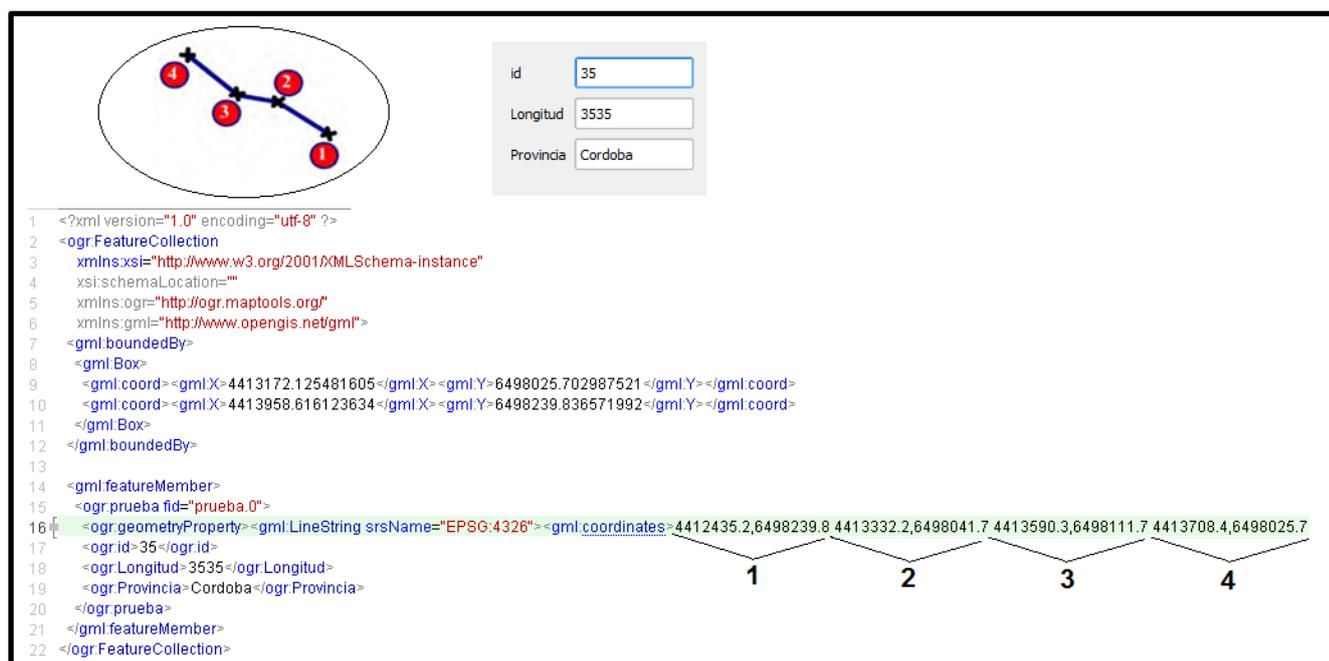


Figura 3.1: Ejemplo de un archivo GML. Fuente: elaboración propia

GML permite representar diferentes tipos de geometrías definidas por OGC. Actualmente es ampliamente utilizado y por lo tanto existe una gran variedad de software SIG que permiten editar este tipo de documentos.

### 3.1.2 Lenguaje KML

*Keyhole Markup Language* (KML) es un lenguaje basado en XML, enfocado en la visualización de datos geográficos, incluyendo la anotación sobre mapas e imágenes. La visualización de datos geográficos no sólo incluye la representación de datos gráficos en el mundo, sino también ciertos componentes de información relativos a la navegación por los elementos que definen una red de geometrías. Puede usarse en navegadores tridimensionales como Google Earth o bidimensionales como Google Maps. (Iniesto & Núñez, 2014)

Al ser KML una aplicación XML su estructura básica se expresa en términos de XML similares a GML. Sus elementos principales se pueden agrupar de la siguiente manera (Gutiérrez, Malinowski, & Rodríguez, 2012):

- **Elementos generales:** la indicación de que el documento está especificado usando el lenguaje XML.

- **Elementos de visualización:** Permiten personalizar los elementos de despliegue de los objetos geográficos.
- **Elementos de la definición del objeto geográfico:** la descripción de los objetos en KML se limita sólo a tres propiedades a diferencia de GML donde no existe limitante. Las propiedades se describen dentro del elemento llamado <Placemark> e incluyen nombre, descripción y geometría con sus características y estilos.



Figura 3.2: Ejemplo de contenido KML y su visualización. Fuente: Bernabé-Poveda & López-Vázquez (2012)

### 3.2 Web Service Common

El estándar Web Service Common (OWS Common) fue elaborado con el objetivo de especificar muchos aspectos que son o deberían ser comunes entre los diferentes Open Web Service (OWS).

Las interfaces de implementación de servicios OWS Common deberían hacer referencia a este estándar en lugar de repetir el material en cada especificación. Sin embargo existen muchos casos de estándares redactados previo a la aparición del OWS, por lo que aún no se encuentra adoptada por todos los estándares generados por el OGC.

Los aspectos comunes que establece el Web Service Common son:

- a) Contenidos de operaciones, solicitudes y respuestas.
- b) Parámetros y estructuras de datos incluidos en operaciones de solicitudes y respuestas.
- c) Codificación KML de operaciones, solicitudes y respuestas.
- d) Discusión y negociación de diferentes versiones de estándares.
- e) Metadatos mínimos que debe poseer cada operación.
- f) Reporte de excepciones.
- g) Parámetros espaciales

Los parámetros espaciales a los que se hace referencia son:

**Cuadro delimitador:** es una limitación geográfica que puede ser utilizada por diferentes operaciones OWS. Cada cuadro delimitador debe poseer coordenadas de la esquina inferior y superior, dimensiones y sistema de coordenada establecido.

**Definición del sistema de referencia:** existen dos situaciones donde se puede necesitar definir un sistema de referencia (S.R.). Un uso frecuente será para establecer el SR para entrada y salida de datos del servidor. Otro caso existe cuando se necesita definir el SR utilizado en el cuadro delimitador.

La referenciación al SR siempre deberá realizarse a través de un archivo XML o de un elemento URL. Este último caso puede darse cuando en la referencia al SR se defina el mismo, o cuando no se defina sino que simplemente se mencione el SR correspondiente.

El estándar Web Service Common establece una operación general que todo servicio OWS debe poseer: *GetCapabilities* (devuelve metadata sobre la I.G. y sobre la operación en un archivo xml).

### 3.3 Estándares para prestar servicios

#### 3.3.1 Web Map Service

Un **Servicio Web de Mapas** (W.M.S.) produce mapas georreferenciados a partir de datos geográficos. El OGC define “mapa” como una representación de información geográfica en forma de imagen digital adecuada para ser representada en un monitor de computadora. Los mapas generados por este servicio son generalmente renderizados en un formato raster como .png, .giff o .jpg. Es decir los mapas no contienen los datos en sí mismos, sino que son una “fotografía” de los datos.

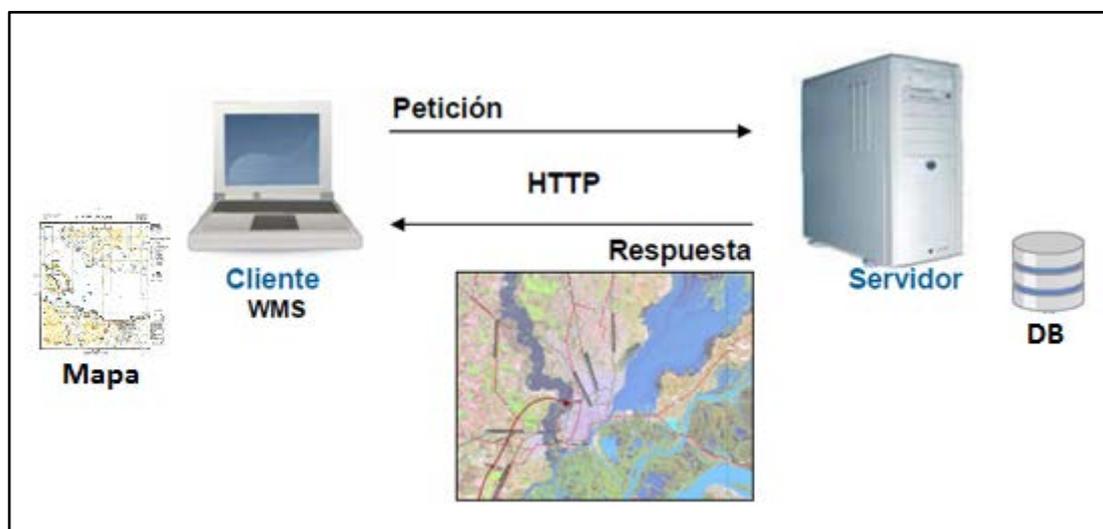


Figura 3.3: Servicio WMS. Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales Provincia de Santa Fe (IDEF).

Este estándar define tres operaciones para este tipo de servicios:

- *Getcapabilities*: devuelve metadata sobre la I.G. y sobre la operación en un archivo xml.
- *GetMap*: devuelve un mapa cuyos parámetros geográficos y dimensionales estén definidos en un formato de imagen (jpg, giff, etc).
- *GetFeatureInfo*: devuelve información sobre un objeto o entidad representado en el mapa.

Las dos primeras operaciones son obligatorias para que sea considerado un servicio W.M.S. mientras que la tercera es una operación opcional.

Estas operaciones pueden ser solicitadas utilizando un navegador web común o desde un software SIG, CAD, etc. introduciendo el pedido en formato URLs (Uniform Resource Locators). El contenido del URL va a depender de la operación, en particular al solicitar un mapa la URL indicará la información mostrada en el mapa, qué porción de la tierra se mapeará, las coordenadas geográficas y el tamaño de salida de la imagen (Ver Fig. 3.4).

El formato de imagen digital soporta la utilización de transparencia, permitiendo superponer distintas capas y de este modo generar mapas solicitando información a diferentes servidores (Open Geospatial Consortium, 2015).

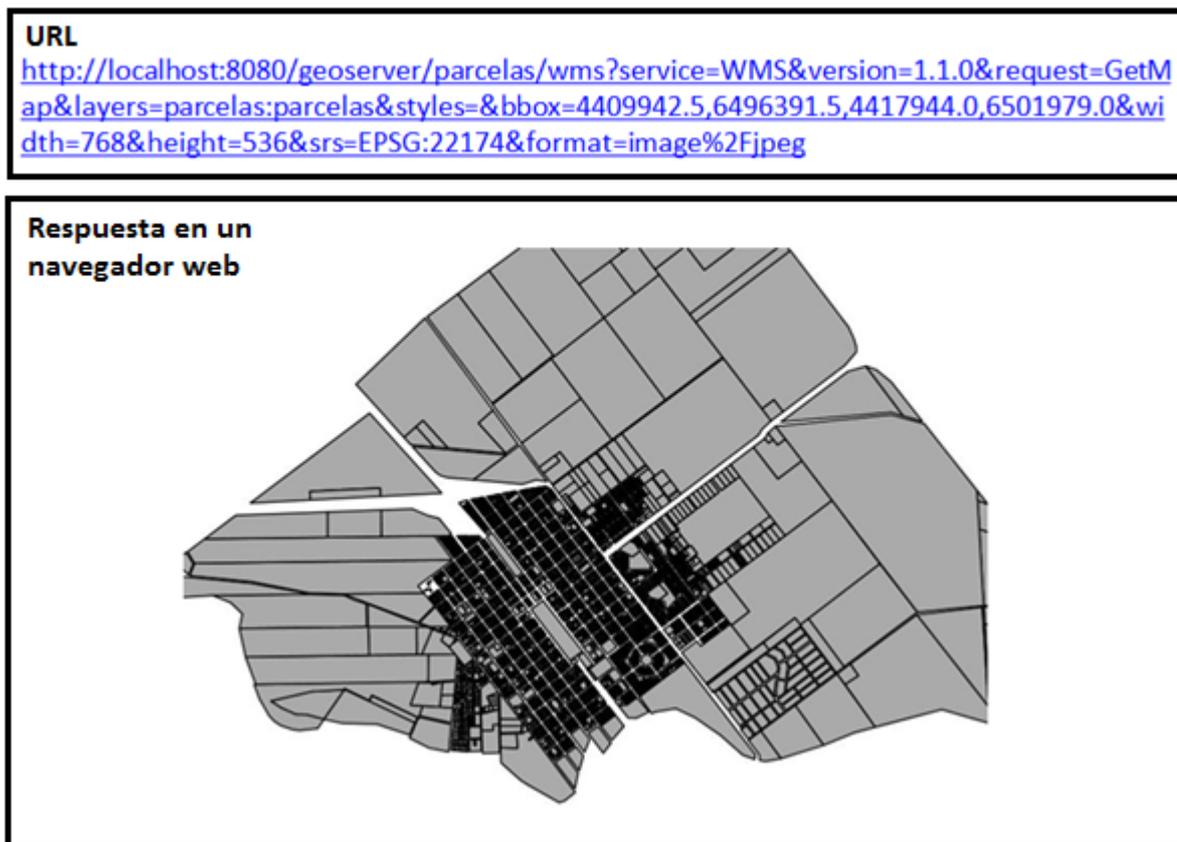


Figura 3.4: Solicitud y respuesta al servicio WMS. Fuente: elaboración Propia

#### Características:

Formato de entrada: el servicio admitirá tanto datos raster como vectoriales, pudiendo combinarlos en la imagen resultante.

Formato de salida: la respuesta del servicio siempre será un archivo que contenga texto o que represente una imagen. El texto será usualmente en formato XML y se utilizará para información de la metadata. Los formatos de imagen permitidos serán una imagen (picture) o un elemento gráfico (graphic element). El tipo de archivo podrá ser PNG<sup>8</sup>, JPEG<sup>9</sup>, GIF<sup>10</sup> que podrán ser mostrados por un navegador web básico o del tipo TIFF<sup>11</sup> que puede requerir software adicional. Un servidor puede ofrecer diferentes formatos de salida, pero al menos uno deberá tener la capacidad de transparencia.

Sistema de coordenadas: los estándares internacionales prevén un sistema de referencia para el mapa producido por WMS. El mapa es una grilla rectangular de píxeles, posee un eje horizontal denominado “i” y un eje vertical denominado “j”. Sus valores deben ser positivos y el origen (0,0) se ubicará en la esquina superior izquierda.

Además la fuente del mapa debe poseer su propio sistema de referencia que lo georreferencie. Sus requisitos mínimos son dos coordenadas planas, pero puede poseer posición vertical y temporal.



Figura 3.5: Ejemplo de mapa WMS. Fuente: Jornadas de capacitación en SIG e IDE, *Geoservicios de una IDE*.

<sup>8</sup> Portable Network Graphic  
<sup>9</sup> Joint Photographics Expert Group  
<sup>10</sup> Graphics Interchange Format  
<sup>11</sup> Tagged Image File Format

### 3.3.2 Web Processing Service

El estándar Web Processing Service (WPS) define una interfaz que facilita la publicación de procesos geoespaciales y permite enlazar esos procesos con el usuario. Los “procesos” incluyen cualquier algoritmo, cálculo o modelo que opere con datos espaciales.

La publicación implica disponer de información que pueda ser leída por un ordenador y a su vez publicitar metadatos para que un usuario pueda entender, buscar y utilizar estos servicios correctamente.

Un servicio WPS puede estar configurado para ofrecer cualquier tipo de funcionalidad SIG a los clientes en una red. De este modo, no es necesario disponer de un ordenador con capacidades suficientes para realizar complicados procesos, sino que los mismos son solicitados a un servidor central.

Este tipo de funcionamiento trae aparejado beneficios importantes:

- ✓ Un mejor aprovechamiento de recursos, al poseer un ordenador que procese todas las solicitudes.
- ✓ Una mayor velocidad para realizar cualquier tipo de análisis, debido a que el hardware disponible será superior a una computadora de escritorio.
- ✓ Simplificación en el software del usuario, que no necesitará una aplicación que procese sus datos, sino que simplemente utilizará un visualizador.
- ✓ Mantenimiento simplificado, sólo se necesita mantener el servidor actualizado.
- ✓ Independencia en el uso; puede ser utilizado desde cualquier sitio y ordenador.

Las ejecuciones de procesos en un servidor WPS pueden ser ejecutadas de manera sincrónica o asincrónica.

En el primer caso un cliente WPS envía una solicitud de ejecución al servidor WPS y continúa conectado esperando la respuesta hasta que el trabajo de procesamiento ha finalizado. Esto requiere una conexión persistente entre el cliente y el servidor.

En el segundo caso el cliente envía una solicitud de ejecución al servidor WPS e inmediatamente recibe una respuesta con información del estado. Esta respuesta contiene

también un identificador del proceso que es utilizado por el cliente para comprobar si la ejecución ha sido completada y un link de donde obtener los resultados.

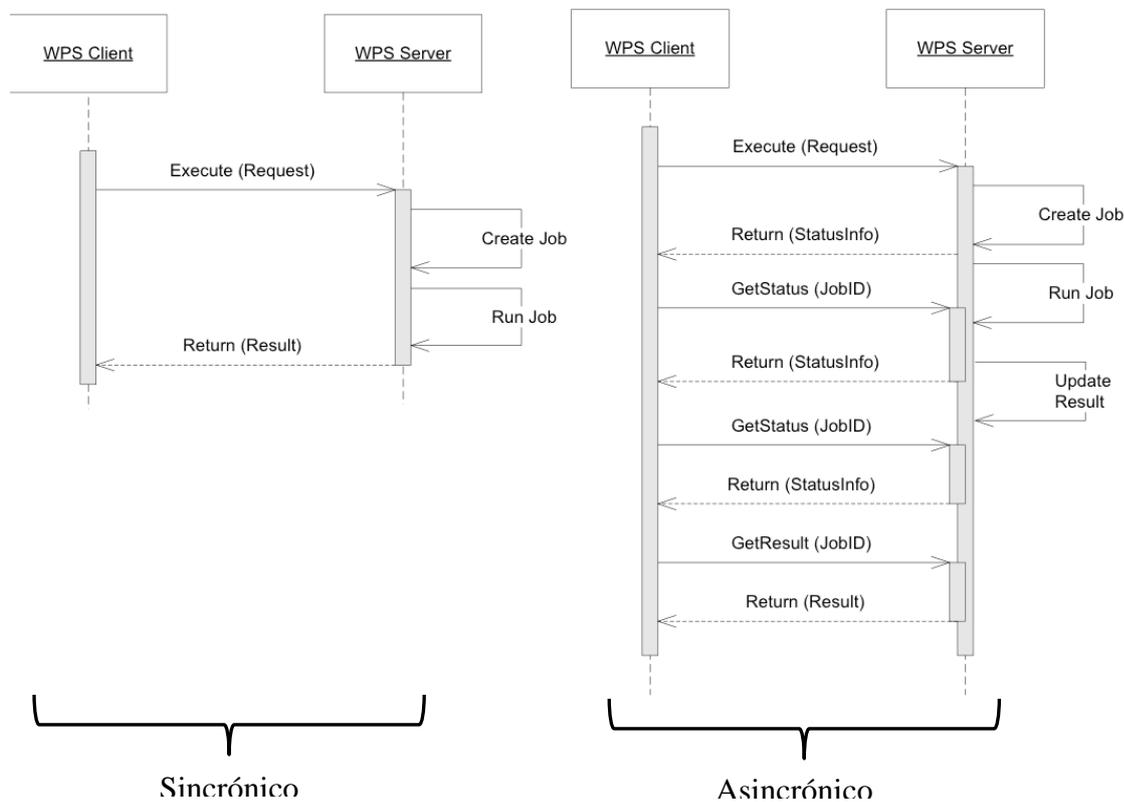


Figura 3.6: Proceso de ejecución sincrónico y asincrónico. Fuente: Open Geospatial Consortium. *WPS 2.0 Interface Standard*

Operaciones descriptas:

- ✓ *GetCapabilities*.
- ✓ *DescribeProcess*: permite a un cliente WPS requerir una descripción completa de uno o más procesos que pueden ser ejecutados por la operación *Execute*.
- ✓ *Execute*: permite a un cliente WPS ejecutar un proceso específico implementado por un servidor, introduciendo los valores de entrada y obteniendo la información procesada. Los valores pueden ser introducidos en la solicitud, o puede accederse a los mismos a través de la web.

### 3.3.3 Web Feature Service:

El estándar de servicio Web Feature Service representa un cambio en la forma en la que la información geográfica es creada, modificada e intercambiada a través de Internet. WFS ofrece un acceso directo al nivel de entidades al permitir descargar o modificar datos que los clientes están buscando, evitando así descargar archivos que contienen los mismos datos además de otros no deseados.

En la taxonomía de los servicios definidos en la norma ISO 19119<sup>12</sup> WFS es primariamente un servicio para acceder a entidades, pero incluye también servicios de tipos de elementos, o de transformación de coordenadas.

El WFS permite a un cliente recuperar y actualizar información geoespacial codificada en un lenguaje GML (Geography Markup Language) desde múltiples servidores.

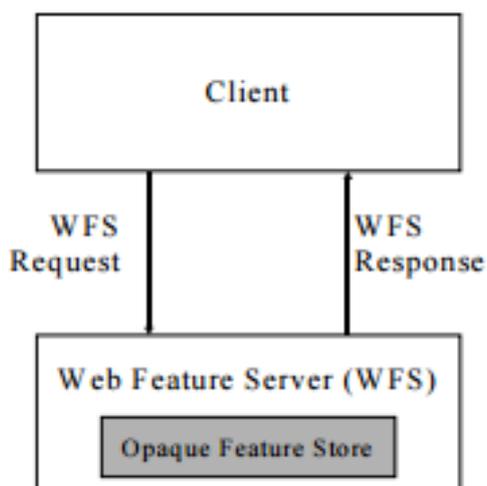


Figura 3.7: Esquema de servicio WFS. Fuente: Open Geospatial Consortium

Existen 4 versiones publicadas que describen este servicio, si bien en diferentes programas pueden encontrarse en uso todas ellas, actualmente dos se encuentran obsoletas (versión 1.0.0 y 1.1.0) mientras que las dos restantes coexisten debido a que la versión 2.0 fue adoptada por las normas ISO mientras que sus correcciones (2.0.2 with corrigendum) sólo son homologadas por el OGC.

<sup>12</sup> Arquitectura de las interfaces de servicios para IG.

Los principales problemas de las versiones 1.0.0 y 1.1.0 eran la simplicidad del estándar, la imposibilidad de manejar la variable tiempo y la metodología de enviar información en las respuestas no era eficaz. Es por ello que surge la versión 2.0.0 donde no sólo se corrigieron estos problemas, sino que se extendieron las operaciones que puede brindar un WFS al crearse el concepto de consulta (query).

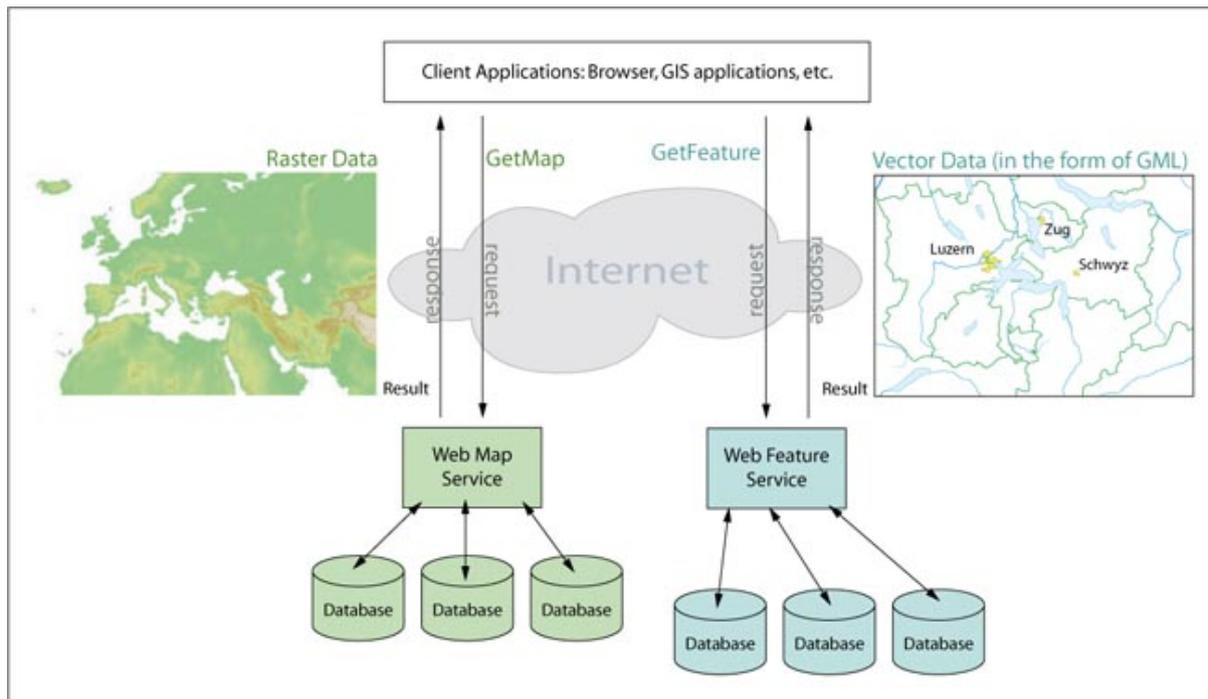


Figura 3.8: WMS vs WFS. Fuente: Cartography for Swiss Higher Education. Recuperado de <http://www.e-cartouche.ch/>

Este estándar define las siguientes operaciones:

- *Getcapabilities*.
- *DescribeFeatureType*: devuelve una descripción esquemática de una entidad ofrecida por el servicio.
- *GetPropertyValue*: permite recuperar el valor de cierta propiedad (valor de alguno de sus atributos tabulados) de una entidad desde la base de datos.
- *GetFeature*: devuelve una selección de entidades desde la base de datos.

- *LockFeature*: el propósito de la operación es exponer una entidad a un bloqueo<sup>13</sup> de larga duración, de modo que una misma entidad no esté siendo modificada por 2 usuarios simultáneamente.
- *GetFeatureWithLock*: similar al funcionamiento de la operación *GetFeature* excepto que en éste caso el servidor WFS no sólo generará un conjunto de entidades para la respuesta, sino que también aplicara la operación *LockFeature* sobre ellas.
- *Transaction*: esta operación es utilizada para describir operaciones de modificación de datos. Los clientes pueden crear, modificar, reemplazar y eliminar entidades de la base de datos.
- *CreateStoredQuery*: permite crear una consulta y almacenarla en el servidor.
- *ListStoredQueries*: lista las consultas disponibles en el servidor.
- *DescribeStoredQueries*: provee metadatos detallados sobre cada consulta que el servidor ofrece.
- *DropStoredQueries*: permite eliminar del sistema consultas previamente creadas.

### 3.3.4 Web Coverage Service

El servicio OGC Web Coverage Service (WCS) permite la descarga de datos geoespaciales en formato raster, llamados también en este documento “coberturas”.

WCS permite el acceso a datos de cobertura en modos que son útiles para el renderizado del cliente. De forma similar a los servicios WFS y WMS, permite a los clientes elegir porciones de información alojada en un servidor con criterios espaciales u otro tipo de consultas.

A diferencia del WMS que devuelve un un mapa estático, Web Coverage Service provee los datos disponibles en conjunto con una descripción detallada (es decir contiene información adicional sobre el archivo raster). Define una sintaxis rica para las solicitudes y devuelve datos con su semántica original (en lugar de sólo imágenes) que pueden ser interpretadas, extrapoladas, etc.

---

<sup>13</sup> Cuando existe gran cantidad de conexiones simultáneas a un mismo servidor WFS se puede dar la posibilidad de que mientras un usuario se encuentre editando una entidad, exista otro que esté trabajando con el mismo elemento. Por lo que al devolver los cambios al servidor, puede perderse la información pues la entidad ha sido modificada.

A diferencia del WFS, que devuelve una entidad geoespacial discreta, Web Coverage Service provee una cobertura que representa un fenómeno en un tiempo y espacio determinado, por lo tanto se enfoca en devolver información de una determinada zona en lugar de un determinado objeto.

Operaciones descriptas:

- *GetCapabilities*
- *DescribeCoverage*: provee una lista de identificadores de coberturas y sugiere al servidor devolver, para cada identificador, una descripción de la cobertura correspondiente.
- *GetCoverage*: sugiere al servidor WCS a procesar una cobertura (partiendo de la información del servidor) y devolver otra derivada. Se entregarán todos los datos dentro de una superficie seleccionada.

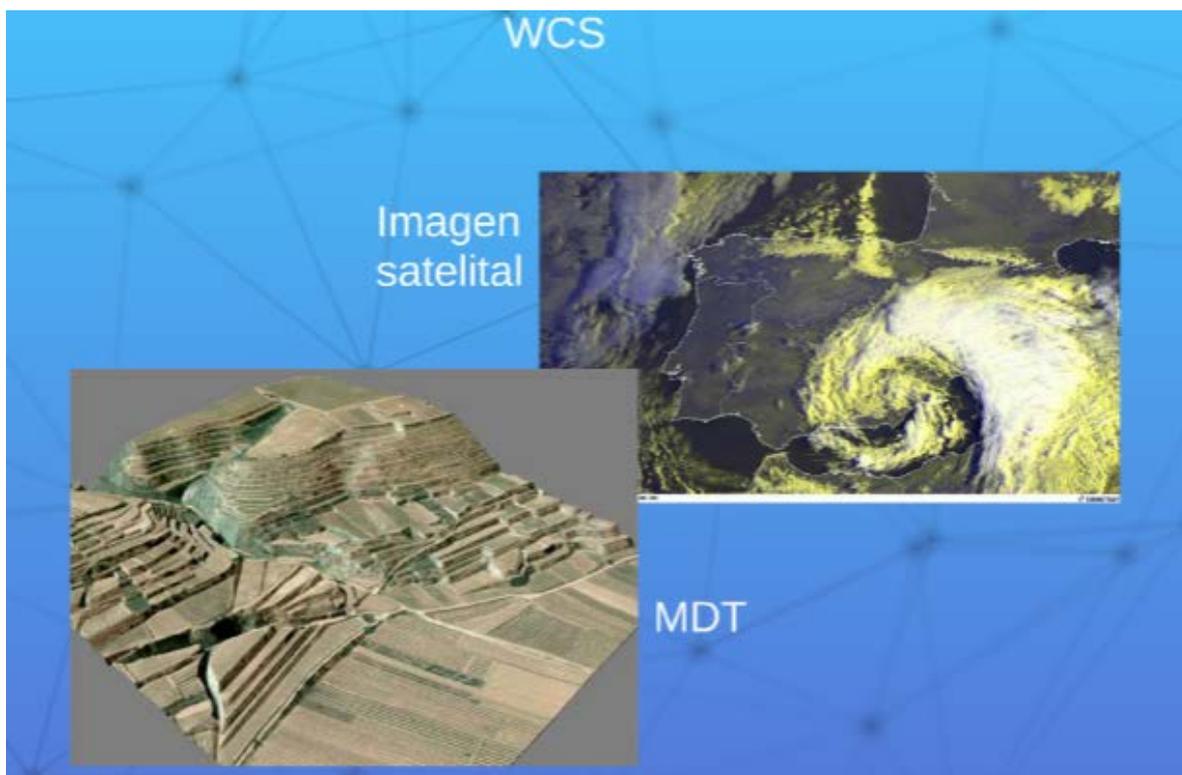


Figura 3.9: Ejemplos de datos obtenidos utilizando WCS. Fuente: elaboración propia.

### 3.3.5 Catalog Service Web

El estándar de servicio establecido por el OGC para la publicación y consulta de metadatos es el **Catalogue Service Web (CSW)** el cual permite el acceso a los catálogos de metadatos. Los servicios de catálogo poseen la capacidad para publicar y buscar colecciones de información descriptiva (metadatos) para datos, servicios y objetos informativos relacionados. Los metadatos en catálogos representan características de recursos que pueden ser solicitadas y presentadas para evaluación y futuro procesamiento por personas y software.

“Este servicio, al igual que los otros que se ofrecen, debe cumplir con el requisito indispensable de ser interoperable. Es por ello que al igual que los otros servicios se apoya en estándares del Open Geospatial Consortium. La especificación Catalogue Service Web permite la publicación y el acceso a catálogos digitales de metadatos para datos y servicios geoespaciales.” (López Ruiz, 2011)

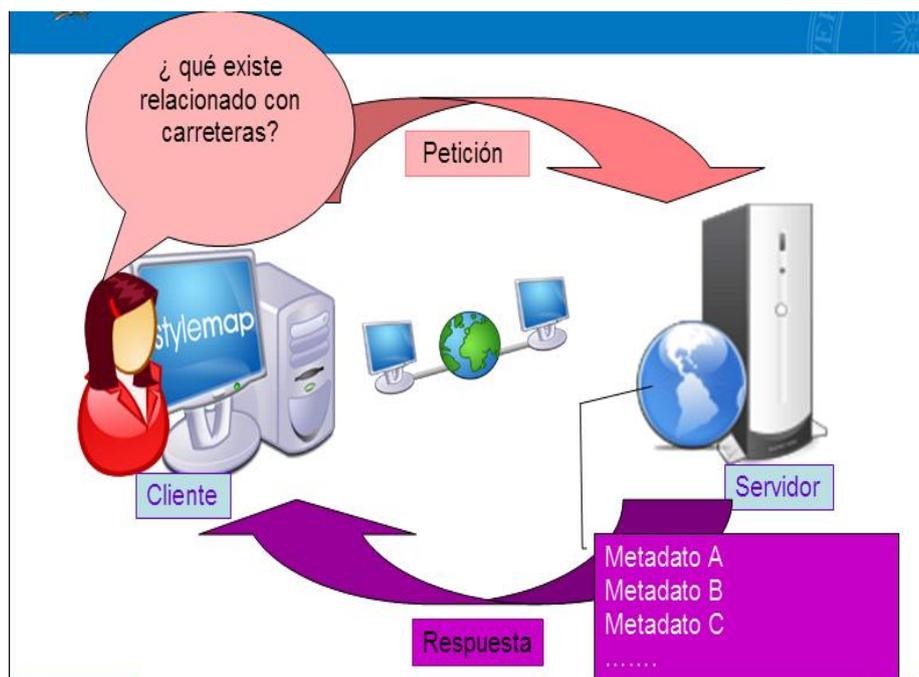


Figura 3.10: Funcionamiento servicio CSW. Fuente: *Servicio Web de Catálogo*. Alberto López Ruiz (2011)

Operaciones descriptas:

- *GetCapabilities*.
- *DescribeRecord*: permite a los usuarios consultar la estructura de los registros. Previamente deben crearse metadatos de los tipos de recursos.
- *GetDomain*: permite a los usuarios consultar los valores permitidos de un parámetro o propiedad determinados.
- *GetRecords*: los usuarios soliciten la ejecución de una consulta al catálogo (query) que busca entre los metadatos catalogados y devuelve un conjunto de resultados que contiene referencias (entre 0 y n) a todos los recursos registrados que satisfacen los requisitos de la consulta
- *GetRecordBylt*: permite a los usuarios obtener metadatos de recursos previamente referenciados en un conjunto de resultados previos o de una lista de identificadores de recursos.
- *Transaction*: permite a los clientes solicitar acciones de inserción, actualización y borrado sobre una instancia del catálogo.
- *HarvestRecords*: permite que un usuario solicite que un servicio de catálogo intente obtener un recurso de una ubicación específica y, opcionalmente, crear una o más entradas para ese recurso.

González Ruiz (2014) caracteriza las operaciones disponibles en tres tipos:

- Operaciones para interrogar las características del servicio.
- Operaciones de descubrimiento para determinar el modelo de información del catálogo y consultar los registros.
- Operaciones de gestión que permiten crear o modificar los registros del catálogo.

### 3.3.6 OpenGIS Location Services

OpenGIS Location Service (OpenLS), también conocido como GeoMobility Server (GMS) es un estándar que define una plataforma para las aplicaciones de servicios basados en ubicaciones (Location Based Service, LBS).

GeoMobility server es un elemento que ofrece funciones básicas con las cuales se construyen aplicaciones que se basan en ubicaciones. Este servidor accede a capacidades de ubicación de la red (provistas por un GMLC<sup>14</sup>, por ejemplo) y provee un conjunto de interfaces que permiten a aplicaciones alojadas en el servidor, o en otro servidor, acceder a los servicios principales de OpenLS.

Servicios disponibles:

- Directory Service: Un servicio accesible desde la red que proporciona acceso a un directorio (por ejemplo páginas amarillas) para encontrar la ubicación de un lugar, producto o servicio específico más cercano.
- Gateway Service: Un servicio accesible desde Internet que obtiene la posición de una terminal móvil conocida a partir de la red.
- Geocoder Service: Un servicio accesible desde la red que transforma una descripción de un lugar, como un nombre, dirección o código postal, en una descripción normalizada de la ubicación (coordenadas en un SR) con una geometría puntual.
- Reverse Geocoder Service: Un servicio accesible desde la red que transforma una posición dada a partir de un elemento puntual, en una descripción normalizada utilizando una dirección, nombre del lugar o código postal.
- Navigation Service: Una versión mejorada del servicio de ruta, que es accesible.
- Presentation Service:
- Route Service: Un servicio accesible desde la red que determina las rutas de viaje e información de navegación entre dos o más puntos.
- XML for Location Services (XLS): El método para codificar los mensajes de petición, respuesta y los tipos de datos abstractos asociados para el GeoMobility Server.

---

<sup>14</sup> Gateway Mobile Location Center o Centro de Localización de dispositivos móviles. Es un centro de procesamiento que puede recibir y procesar solicitudes de un LBS que luego son re direccionadas a un GMS.

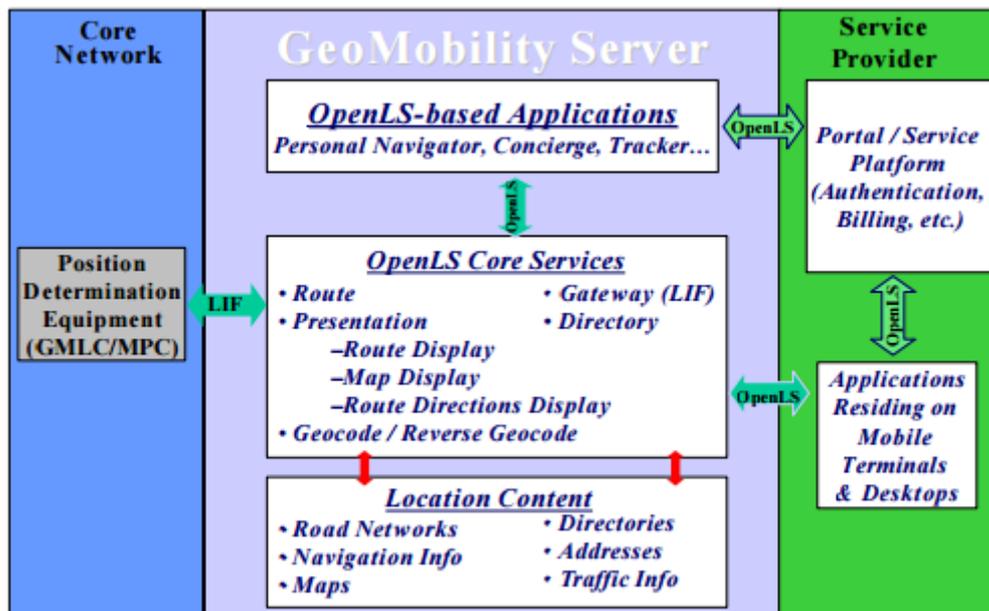


Figura 3.11: The Geomobility Server. Fuente: Open Geospatial Consortium.

### 3.4 Estándares para complementar servicios

#### 3.4.1 Web Map Tile Service

Web Map Tile Service (WMTS) es un estándar que complementa al existente WMS enfocándose en la flexibilidad del requerimiento por parte del usuario. De esta manera el cliente puede obtener exactamente la superficie deseada, sin necesidad de solicitar un mapa en forma de rectángulo.

Es muy similar al WMS, excepto que discretiza el espacio en un conjunto de niveles de zoom predefinidos y para cada uno de ellos define una matriz regular de celdas (ver Figura 3.10). Las celdas son indivisibles y sólo se pueden obtener una por una a partir de la petición *GetTile*, que reemplaza a la operación *GetMap*. Ello permite sacar provecho de los mecanismos de caché de servidor que existen actualmente en la web, por lo que las interacciones con servidores utilizadas muy frecuentemente deben resultar más ágiles que los servidores WMS en igualdad de condiciones. Sin embargo, los clientes WMTS resultan un poco más complejos dado que, generalmente, deben realizar diversas peticiones de teselas adyacentes hasta llenar el área de navegación con cada acción del usuario. (Bernabé-Poveda & López-Vázquez, 2012)

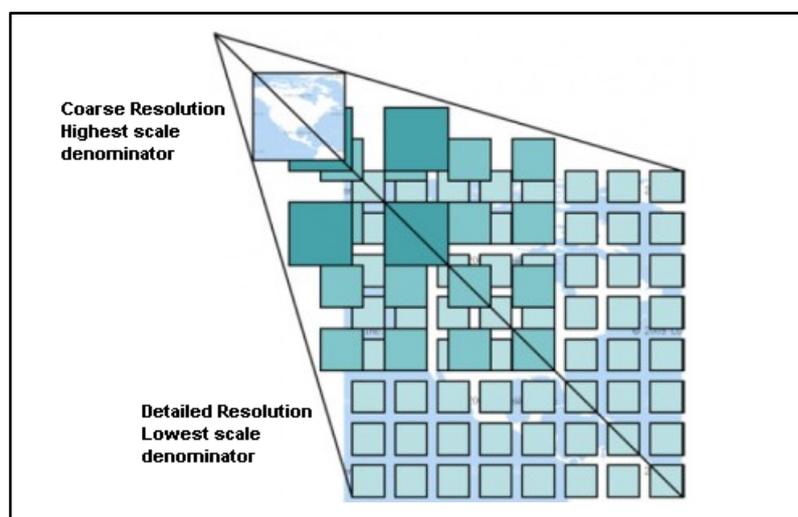


Figura 3.12: Concepto de matriz regular de celdas. Fuente: Documentación de QGIS. *QGIS como cliente de datos OGC.*

Este estándar define tres operaciones:

- *Getcapabilities*: devuelve metadata sobre la I.G. y sobre la operación en un archivo xml.
- *GetTile*: devuelve una celda correspondiente a un nivel determinado de zoom.
- *GetFeatureInfo*: devuelve información sobre un objeto o entidad representado en el mapa.

Similarmente al estándar anterior, las dos primeras operaciones son obligatorias, mientras que la tercera petición (consulta de entidades) es opcional.

Formato de entrada: el servicio admitirá tanto datos raster como vectoriales.

Formato de salida: la respuesta del servicio siempre será un archivo que contenga texto o que represente una imagen. El texto será usualmente en formato XML y se utilizará para información de los metadatos. Los formatos de imagen contendrán una celda definida de una sola capa. Esto implica que para superponer capas, se deben solicitar independientemente las celdas. El tipo de archivo podrá ser PNG, JPEG o similar.

Servicios que complementa: Web Map Service (WMS).

### 3.4.2 Stiled Layer Descriptor

Stiled Layer Descriptor (SLD) surge a partir del estándar Symboly Encoding (SE) el cual sirve para representar la salida de diferentes servicios OGC. Específicamente define cómo puede utilizarse el estándar SE para el servicio WMS, identificando dos grandes requerimientos de estilización: un caso simple, donde sólo se requiere asignar un color a los elementos de una capa, y uno complejo donde se desea asignar una representación en función de uno de sus atributos.

SLD define un lenguaje XML propuesto por el OGC para describir las capas que dan apariencia a un mapa. Puede considerarse como una extensión del WMS donde se extiende la petición GetMap para solicitar estilos definidos por el usuario a un servidor WMS.

Este estándar amplía WMS incluyendo más peticiones a la función *GetMap* y propone dos operaciones opcionales al servicio:

- *DescribeLayer*: devuelve información de formato XML de la o las capas vectoriales solicitadas.
- *GetLegendGraphic*: devuelve la leyenda del mapa, brindando información de las representaciones elegidas.

Formato de entrada: la ampliación de la petición *GetMap* planteada por este servicio, está destinada a datos vectoriales.

Formato de salida: la respuesta del servicio siempre será un archivo que contenga texto o que represente una imagen. El texto será usualmente en formato XML y se utilizará para brindar información sobre las capas. Los formatos de imagen contendrán el mapa generado por la petición *GetMap* y además podrán contener una leyenda. El formato de archivo imagen no varía al servicio WMS (jpeg, tiff, etc.).

Servicios que complementa: Web Map Service (WMS).

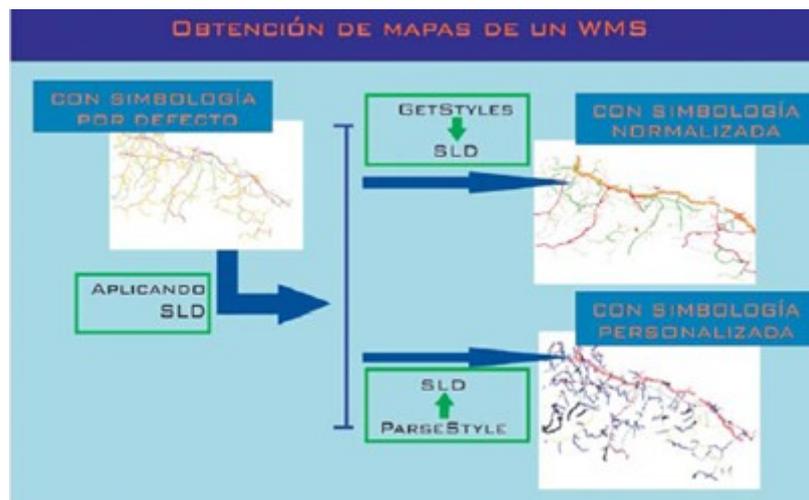


Figura 3.13: Aplicación de SLD. Fuente: Mónica Álvarez Cabero. *Styled Layer Descriptor Symbology Encoding*,

### 3.4.3 Estándar TJS

El estándar Table Joining Service (TJS) define un modo simple de intercambiar información geográfica almacenada en tablas. Es decir representa un método simple para encontrar, acceder y usar diferentes bases de datos.

Permite al usuario enriquecer los mapas disponibles en un servicio WMS a partir de tablas de información que contienen nuevos atributos. Define un formato XML para tablas de datos denominado GDAS<sup>15</sup>, un conjunto de operaciones que permiten describir y obtener las tablas de datos disponibles por el servicio (*DescribeFrameworks*, *DescribeDatasets*, *DescribeData* y *GetData*) y un conjunto de operaciones que permiten enlazar una tabla GDAS con un conjunto de entidades espaciales y crear una nueva capa en un servidor WMS asociado (*DescribeJoinAbilities*, *DescribeKey* y *JoinData*). Bernabé-Poveda & López-Vázquez (2012).

Este estándar permite intercambiar información de atributos geográficos entre diferentes servicios web, además del servicio WMS ya mencionado puede utilizarse en WFS o WPS. Otra aplicación posible es la de actualización de datos, puesto que permite replicar las bases de datos. (García Castro)

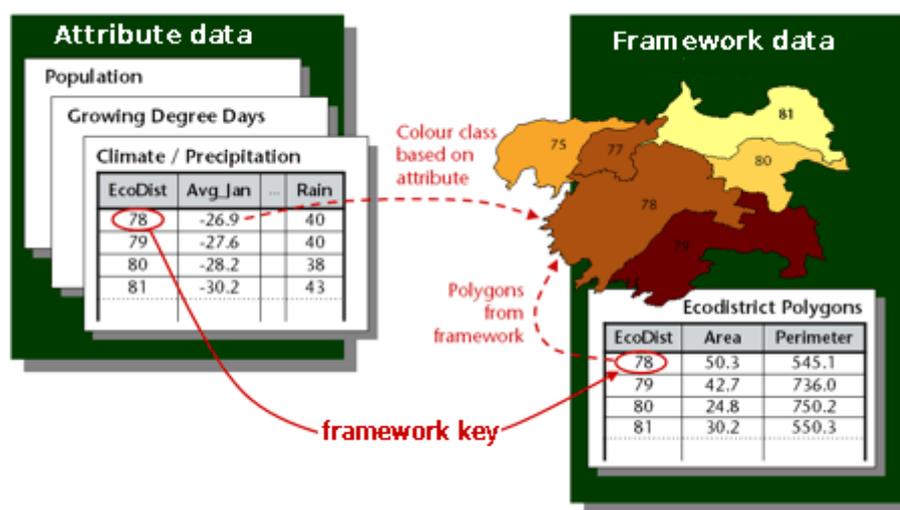


Figura 3.14: Estándar TJS. Fuente: Geoprocessing.info. *Que es TJS?* Obtenido de <http://geoprocessing.info/>

### 3.4.4 Web Map Context Document

Si bien el estándar WMS define la manera en que un servidor de mapa individual provee el contenido de un mapa, Web Map Context Document (WMC) especifica cómo un grupo de uno o más mapas obtenidos de uno o más servidores pueden ser representados en un formato portable e independiente de las plataformas.

<sup>15</sup> Geographic Data Attribute Set. Formato XML usado para empaquetar información de atributos con sus metadatos para transmitirlo en conjunto a través de la red.

El documento proveído por este estándar incluye información sobre los servidores proveedores de las capas, los límites de representación, la proyección compartida por todos los mapas, metadatos operacionales suficientes para que pueda reproducirse, y metadatos auxiliares utilizados al describir las capas y su proveedor.

Se estructura utilizando lenguaje XML y sus posibles usos son:

- Proveer vistas por defecto para determinado tipo de usuarios.
- Guardar el estado del visualizador del cliente, de modo que pueda re acceder al servicio con las capas modificadas.
- Puede almacenar información solicitada anteriormente sobre cada capa, evitando así consultas repetitivas en el servidor.
- Puede transferirse el documento de contexto de un cliente a otro o de una aplicación a otra, compartiendo así el contexto del mapa.

(Open Geospatial Consortium, 2005)

Este estándar no posee operaciones o funciones preestablecidas y puede entenderse como un estándar para compartir y almacenar algunos tipos de metadatos.

Formato de entrada: información sobre las capas y el visualizador del servicio WMS.

Formato de salida: la respuesta del servicio será un documento en formato XML y se utilizará transmitir información sobre forma en la que se está o puede prestar el servicio WMS.

Servicios que complementa: Web Map Service (WMS).



Figura 3.15: Visualización WMS y documento WMC. Fuente: elaboración Propia

### 3.4.5 OWS Context

El estándar OGC Web Services Context Document (OWS Context) fue creado para permitir que un conjunto de recursos de configuración (service set) sean compartidos entre aplicaciones que poseen una colección de servicios. Otra sigla con la que puede encontrarse este estándar es OWC.

El objetivo es apoyar casos de uso como la distribución de resultados, el intercambio de un conjunto de recursos como WFS, WMS, WMTS, WCS y otros en una “imagen común operativa”.

Adicionalmente OWS Context puede enviar un conjunto de servicios de proceso configurados (WPS) para permitir que el procesamiento sea reproducido en diferentes nodos. (Open Geospatial Consortium, 2015)

Este estándar está apuntado a reemplazar intentos previos de la OGC para proveer dichas capacidades (por ejemplo el estándar Web Map Context) los cuales fueron razonablemente exitosos pero limitados al servicio WMS.

Dentro de la estructuración del estándar, cada servicio alcanzado (WMS, WFS, etc) es tratado independientemente.

Formato de entrada: información sobre las capas y el visualizador del servicio.

Formato de salida: la respuesta del servicio será un documento en formato XML y se utilizará transmitir información sobre casos de uso.

Servicios que complementa: WMS, WFS, WCS, WPS, CSW, WMTS, GML, KML, GeoTIFF, GMLJP2, GMLCOV.

### 3.5 Estándares adicionales

#### Augmented Reality Markup Language

Este estándar OGC define el lenguaje *Augmented Reality Markup Language* (ARML 2.0) el cual permite a los usuarios describir objetos virtuales en una escena de realidad aumentada *Augmented Reality*, AR.

No existe una definición formal de *Augmented Reality*, por lo que se nombrará una descripción dada por Ronald Azuma (1997):

*AR permite al usuario ver el mundo real, superponiendo objetos virtuales para así complementar los hechos físicos. Este sistema posee las tres siguientes características:*

- *Combina aspectos digitales y físicos*
- *Interactúa en tiempo real*
- *Se registra en 3D*

Adicionalmente ARML 2.0 define la conexión ECMAScript a una escena AR dinámicamente modificada basada en el comportamiento del usuario y lo que él ingrese.

## CityGML

**CityGML** es un modelo de datos abierto con formato basado en XML, utilizado para el almacenamiento e intercambio de modelos de ciudades virtuales 3D. El objetivo de desarrollar esta estándar es lograr una definición común de las entidades básicas, atributos y relaciones en un modelo de ciudad 3D.

## Coordinate Transformation Service

El estándar de Servicio de Transformación de Coordenadas OGC o *Coordinate Transformation Service Standard* (CT) provee un modo en que el software especifique y acceda a servicios de transformación de coordenadas para el uso en datos espaciales.

Este estándar provee un requerimiento clave para las superposiciones de vistas de datos geográficos de diversas fuentes: la habilidad de realizar transformaciones de coordenadas en tal modo que todos los datos estén definidos en un mismo sistema de referencia espacial.

## Filter Encoding

Este estándar desarrollado en conjunto entre el OGC y el TC/211 describe un sistema de codificación en lenguaje XML y KVP para expresar proyecciones, selecciones y listar colectivamente una expresión de consulta.

Estos componentes son modulares y pretenden ser utilizados en conjunto o individualmente por otros estándares los cuales referencien a este estandar.

## GML in JPEG 2000 for Geographic Imagery Encoding

El estándar generado por OpenGIS *GML in JPEG 2000<sup>16</sup>for Geographic Imagery Encoding* define el significado por el cual el lenguaje GML es utilizado junto con imágenes en format JPEG2000 para almacenar imágenes geográficas. El estándar además provee un paquete de mecanismos para incluir GML dentro de archivos de datos JPEG 2000.

---

<sup>16</sup> JPEG 2000 es un estándar de compresión y codificación digital de imágenes.

### GeoAPI Implementation Specification

El estándar de implementación GeoAPI define, a través de la librería GeAPI, una interfaz de programación de aplicación (API) en lenguaje java. Esta API incluye un conjunto de métodos que pueden ser utilizados para la manipulación de la información geográfica estructurada siguiendo las especificaciones adoptadas por el TC 211.

Esta especificación de implementación estandariza el contrato informático entre el código del cliente, el cual manipula estructuras de datos geográficos basados en la API publicada. El código de librería permite a ambos a iniciar y operar estas estructuras de datos de acuerdo a las reglas requeridas por la API y por los estándares OGC e ISO.

### GeoPackage Encoding Standard

GeoPackage es un documento de base de datos SQLite <sup>17</sup> independiente de la plataforma, que puede contener:

- Elementos vectoriales geoespaciales.
- Conjunto de imágenes y mapas raster en matrices de celdas a varias escalas.
- Metadatos.

Ya que GeoPackage es una base de datos, permite su uso directo, lo que significa que puede accederse a sus datos y actualizarse en un formato de almacenamiento “nativo”<sup>18</sup> sin la necesidad de un intermediar transformaciones de formatos.

Los GeoPackages son interoperables entre todos los entornos de computación, y son particularmente útiles en dispositivos móviles como celulares y tablets los cuales poseen una conexión y ancho de banda limitados.

---

<sup>17</sup> SQLite es un sistema de gestión de bases de datos relacional con librerías pequeñas.

<sup>18</sup> El modelo interno de estas bases de datos usa documentos XML como la unidad elemental de almacenamiento.

### GeoSPARQL

El estándar OGC GeoSPARQL permite representar y consultar datos geoespaciales en la web semántica<sup>19</sup>. GeoSPARQL define un vocabulario para representar datos geoespaciales en RDF<sup>20</sup>, y eso define una extensión al lenguaje de consulta SPARQL para procesar datos geoespaciales.

Adicionalmente, este estándar está diseñado para acomodar los sistemas basados en razonamiento espacial cualitativo y en sistemas basados en cómputos espaciales cuantitativos.

### GeoXACML Implementation Specification

Existen numerosos casos en los que se necesita controlar y limitar el acceso a la información publicada. Una solución a esto se encuentra en el lenguaje XACML (eXtensible Access Control Markup Language) el cual permite establecer un sistema de control de acceso que puede ser utilizado para administrar el acceso a Arquitecturas Orientadas a Servicios (SOA<sup>21</sup>).

En este estándar OGC se define el lenguaje geoespacial **GeoXACML**, como una extensión geo-específica estandarizada del existente XACML, que permite administrar el acceso a información geográfica y a servicios de forma interoperable a través de las diferentes jurisdicciones.

---

<sup>19</sup> La web semántica se basa en la idea de añadir información adicional (metadatos) que describa el contenido, significado y relación de los datos.

<sup>20</sup> Resource Description Framework (RDF) es un modelo de datos para metadatos desarrollado por la W3C.

<sup>21</sup> La arquitectura orientada a servicios es una infraestructura conceptual que establece una estructura de diseño para la integración de aplicaciones.

### IndoorGML

El estándar OGC IndoorGML especifica un modelo de datos abierto y un esquema XML para información espacial interior. Mientras existen diferentes estándares para el modelado de edificios 3D, los cuales poseen datos espaciales sobre el interior de construcciones desde su geometría y cartografía; **IndoorGML** se centra en el modelado de interiores para fines de navegación.

### Moving Features

Este estándar OGC normaliza la forma de codificar representaciones de objetos geográficos móviles. El caso de uso principal es el intercambio de información.

Este estándar es aplicable a elementos que tengan las siguientes características:

- Cada elemento con movimiento puede describirse utilizando el esquema para elementos en movimiento.<sup>22</sup>
- El número de elementos simultáneamente codificados con este formato puede ser masivo (miles de elementos).
- Todos los elementos pueden describirse utilizando coordenadas de tiempo y espacio comunes.

### Network Common Data Form

El suite de estándares OGC network Common Data Form (netCDF) es un conjunto de librerías y formatos de datos que permiten la creación, acceso y publicación de datos científicos.

NetCDF (network Common Data Form) es un modelo de datos, principalmente para aquellos orientados en forma de matriz. La suite de estándares ofrece además una colección de librerías distribuidas libremente que respalda el modelo de datos. La interfaz, librerías y el formato, permiten la creación, acceso y publicación de información científica multidimensional.

---

<sup>22</sup> Este esquema corresponde a la norma ISO 19141:2008.

NetCDF debe permitir la creación de colecciones de datos con las siguientes características:

- Autodescriptivas.
- Portables.
- De acceso directo.
- Anexables.
- Pueden compartirse.
- Archivables.

#### Observations and Measurements

Este estándar OGC especifica una implementación XML para el modelo conceptual de observaciones y mediciones (O&M), e incluye un esquema para elementos de muestreo.

Esta codificación es una dependencia esencial para el estándar OGC SOS (Sensor Observation Service). Más específicamente, este estándar define el esquema XML para las observaciones.

#### Open GeoSMS

El estándar OGC GeoSMS provee a los desarrolladores una codificación e interfaz para Short Message Service (SMS) facilitando las comunicaciones entre diferentes dispositivos o aplicaciones que brindan servicios basados en locación (Location Based Service, LBS).

SMS es el servicio de comunicación estandarizado más comúnmente utilizado en la telefonía, web y sistemas de comunicaciones móviles para el intercambio de mensajes de textos cortos entre dispositivos.

### Open Modelling Interface

El propósito de la interfaz de modelado libre (OpenMI) es habilitar el intercambio de datos entre los modelos de simulación de procesos y entre modelos y otras herramientas como las bases de datos y aplicaciones analíticas y de visualización. El motivo de su creación fue la necesidad de entender cómo interactúan los procesos y para predecir cuál será el resultado más probable de esas interacciones bajo condiciones preestablecidas.

### OpenSearch Geo and Time Extensions

Este estándar OGC especifica las extensiones geográficas y de tiempo para el protocolo de búsqueda “OpenSearch”, que es una colección de formatos simples para el intercambio de resultados de búsqueda.

El formato de descripción permite utilizar una extensión que habilita a los motores de búsqueda a solicitar un parámetro de consulta específico y contextual para clientes.

### Ordering Services Framework for Earth Observation Products Interface

Este estándar OGC especifica el interfaz, vinculaciones, requerimientos, clases de conformidad y una infraestructura para implementar extensiones que habiliten flujos de trabajo completos para ordenar productos de datos de Observaciones de la Tierra (EO).

### PUCK Protocol

El estándar OGC PUCK habilita la configuración automática de redes de sensores georreferenciados, conectados a través de Ethernet o RS232. La idea detrás de PUCK es simple: proveer un modo estándar para que un instrumento se describa a sí mismo a un sistema de observación; así cuando el instrumento esté conectado, el muestreo puede comenzar.

PUCK aborda los desafíos de instalación y configuración de los sensores mediante la definición de un protocolo de instrumento estándar para almacenar y automáticamente recuperar metadatos y otra información desde el instrumento mismo.

### Sensor Web Enablement Common Data Model Encoding

El estándar de codificación de datos común para la habilitación de sensores web (Sensor Web Enablement, SWE) define un modelo de bajo nivel datos para el intercambio de datos relacionados a sensores, entre nodos de una infraestructura OGC SWE.

### Sensor Web Enablement Service Model Implementation

Este estándar define ocho paquetes de tipos de datos para usos comunes a lo largo de los servicios OGC SWE. Cinco de ellos definen operaciones de solicitud y respuesta.

Los paquetes son:

- 1) **Contents:** define el tipo de datos que pueden ser utilizados en la especificación de servicios que proveen acceso a los sensores.
- 2) **Notification:** define el tipo de datos que permite obtener metadatos sobre las capacidades de notificación del servicio, además de la definición y codificación de eventos SWES<sup>23</sup>.
- 3) **Common:** define el tipo de datos común a otros paquetes.
- 4) **Common Codes:** define las listas de códigos utilizados normalmente.
- 5) **DescribeSensor:** define los tipos de solicitud y respuesta de una operación utilizada para recuperar metadatos sobre un sensor dado.
- 6) **UpdateSensorDescription:** define los tipos de solicitud y respuesta para una operación utilizada para modificar la descripción de un sensor dado.
- 7) **InsertSensor:** define los tipos de solicitud y respuesta para una operación utilizada para insertar una nueva instancia de sensor en un servicio.
- 8) **DeleteSensor:** define los tipos de solicitud y respuesta de una operación utilizada para remover un sensor de un servicio.

---

<sup>23</sup> Un evento SWES representa la clase base para la codificación de un servicio SWE. Provee la opción de entregar un mensaje que puede ser leído por una persona en diferentes lenguajes.

### Sensor Model Language

El principal enfoque del estándar del Lenguaje Modelo del Sensor (Sensor Model Language, SensorML) es proveer medios concisos para definir procesos y componentes asociados con la medición y transformación de observaciones.

El principal objetivo es habilitar la interoperabilidad, de modo que los sensores y los procesos puedan ser comprendidos de mejor manera por las máquinas, utilizadas automáticamente en complejos flujos de trabajos y compartidos fácilmente entre nodos de sensores web (SW).

### Sensor Observation Service

El estándar Sensor observation Service (SOS) es aplicable a los casos de uso donde los datos de sensores necesitan ser administrados de un modo interoperable. Para ello, define una interfaz de servicio web que permite solicitar observaciones, metadatos de sensores y representaciones de los elementos observados.

Este estándar define medios para registrar nuevos sensores y remover aquellos existentes. Además, define operaciones para insertar nuevas observaciones de sensores.

### Sensor Planning Service

El estándar Sensor Planning Service (SPS) define interfaces para consultas que proveen información sobre las capacidades de un sensor y como solicitar una tarea al sensor. Está diseñado para admitir consultas con los siguientes propósitos: determinar la viabilidad de una solicitud de planificación del sensor; para presentar y reservar una solicitud; para interrogar sobre el estado de tal solicitud; y para requerir información acerca de otro servicio web OGC que proporcione acceso a los datos recogidos por la tarea solicitada.

### Simple Feature Access: Comon Architecture

Esta estándar es parte de la norma Simple Features Access (SFA), también llamados ISO 19125, describe la arquitectura común para la geometría de entidades simple. Este modelo de

objetos es neutral en cuanto a la forma de distribución y utiliza notación UML<sup>24</sup>. La clase de geometría principal posee subclases para puntos, curvas, superficies y colecciones de geometrías. Cada objeto geométrico es asociado a un sistema de referencia el cual describe las coordenadas en el espacio con las cuales es descrito el objeto.

Existen tres especificaciones de implementación de entidades simples (*simple features*):

- OLE/COM: Object Linking and Embedding. Es el nombre de un sistema de objetos distribuidos y un protocolo. OLE permite a un editor encargarse de la elaboración de parte de un documento y posteriormente volverlo a importar.
- CORBA: Common Object Request Broker Architecture. Es un estándar que permite que diversos componentes de software escritos en múltiples lenguajes de programación puedan trabajar juntos.
- SQL: Structured Query Language. Es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en ellas.

### Symbology Encoding

Esta especificación define un lenguaje XML para información de diseño que puede ser aplicado a entidades digitales y datos de coberturas (datos raster).

### WaterML

El OGC WaterML es un modelo de información estándar para la representación de datos resultantes de observaciones de agua, con la intención de permitir el intercambio de dichos conjuntos de datos a través de sistemas de información. A través del uso de estándares existentes OGC, este documento apunta a convertirse en un formato interoperable de intercambio.

---

<sup>24</sup> Lenguaje Unificado de Modelado es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad.

### Web Coverage Processing Service

El servicio OGC Web Coverage Processing Service (WCPS) define un lenguaje para la recuperación y procesamiento de coberturas geospaciales multidimensionales que representan a los sensores de imagen o de los datos estadísticos. Los servicios que implementan este lenguaje proporcionan acceso a la información del conjunto de coberturas geospaciales, en formatos que son útiles para la representación por parte del cliente.

### Well-known text representation of coordinate reference systems

Este estándar internacional define la estructura y contenido de las cadenas de texto conocido<sup>25</sup>. No estipula la forma en que las implementaciones deben leer o escribir tales cadenas. Este documento también ha sido presentado al ISO TC211 para su publicación como un documento de estandarización internacional.

## 3.6 Formatos de codificación adicionales

En esta sección introduciremos alternativas a los formatos de codificación establecidos por el OGC. Si bien los estándares que esta organización ha generado se utilizan actualmente por casi cualquier aplicación de mapeo, poseen ciertos inconvenientes.

Un ejemplo es el estándar Geography Markup Language, el cual ha sido aprobado como norma internacional ISO (ISO 19136:2007). Si bien este formato de almacenamiento de información geográfica es potente y versátil, suele estar sobrecargado de información. Es decir en ocasiones (principalmente para clientes móviles) este tipo de codificación resulta ineficiente.

Otro problema que posee el formato GML es el llamado *Cross-Domain*, se trata de la imposibilidad de descargar un documento desde un servicio web (servidor) distinto desde el que la aplicación web fue descargado.

---

<sup>25</sup> La representación de texto conocido o *well known text* es una codificación diseñada para describir objetos espaciales expresados en forma vectorial.

“Para solucionar estos problemas, se utilizan formatos basados en JSON (JavaScript Object Notation). JSON <sup>26</sup>está diseñado para ser manipulado con el lenguaje JavaScript como mecanismo que permite sortear el problema de Cross-Domain. Basados en el formato JSON, han aparecido en el contexto geográfico los formatos GeoJSON y TopoJSON, notaciones de objetos JavaScript capaces de manejar las geometrías y atributos de los objetos geográficos.” (Sierra, 2013).

Tanto GeoJSON como TopoJSON son estándares abiertos, su código fuente puede obtenerse en la *github*<sup>27</sup> y gracias a ello poseen aportes de gran cantidad de usuarios. Sin embargo se mencionan los autores originales: Mike Bostock (The New York Times) y Calvin Metcalf (Massachusetts Department of Transportation) en el caso de **TopoJSON**, y Howard Butler (Hobu Inc.), Martin Daly (Cadcorp), Allan Doyle (MIT), Sean Gillies (UNC-Chapel Hill), Tim Schaub (Planet Labs) y Christopher Schmidt (MetaCarta) para **GeoJSON**.

### 3.6.1 GeoJSON

GeoJSON es un formato para codificar una variedad de estructuras de datos geográficos. Un objeto GeoJSON puede representar una geometría, un fenómeno o una colección de fenómenos.

Una estructura de datos completa de tipo GeoJSON es siempre un objeto (en términos JSON). En GeoJSON, un objeto consiste en todas las colecciones de pares nombres/valores, también llamados miembros. El contenido de un miembro es una cadena, número, objeto, matriz o un valor lógico (Butler, Daly, Doyle, Gillies, Schaub, & Schmidt, 2008).

GeoJSON define la gramática basada en el estándar OGC Well Known Text (WKT), para modelar objetos geográficos. Este formato admite los siguientes tipos de geometría:

- **Point:** un solo punto conteniendo sus coordenadas.
- **LineString:** línea cuyas coordenadas se encuentran en posición de matriz.

---

<sup>26</sup> JavaScript Object Notation (JSON) es un format de datos de intercambio ligero, basado en texto e independiente de format. JSON define un pequeño conjunto de reglas de formato para la representación portable de datos estructurados.

<sup>27</sup> Página web donde se almacenan diferentes proyectos libres.

- **Polygon:** polígono donde el primer elemento en la matriz representa los bordes exteriores, mientras que cualquier elemento subsecuente indica la posición de bordes interiores (“holes”).
- **MultiPoint:** coordenadas de múltiples puntos dispuestas en forma de matriz.
- **MultiLineString:** se compone de una matriz que donde se ordenan las coordenadas de cada línea.
- **MultiPolygonString:** se compone de una matriz que donde se ordenan las coordenadas de cada polígono.
- **GeometryCollection:** cada elemento en la matriz que conforma un GeometryCollection es uno de los objetos descrito previamente.

Adicionalmente, los objetos GeoJSON pueden tener un miembro opcional “crs”, el cual hará referencia al Sistema de Referencia por coordenadas. Para indicar el “crs” puede utilizarse su código EPSG<sup>28</sup> o una dirección URL. Por defecto se utiliza el sistema de referencia de coordenadas geográficas utilizando el datum WGS84.

La principal característica de GeoJSON frente a GML es que soluciona el problema del Cross-Domain. Este formato es fácil de leer y escribir para personas, y a su vez simple para analizar y generar por computadoras. Si bien el tamaño es inferior a los archivos generados en GML, siguen teniendo un gran tamaño (Sierra, 2013).

### 3.6.2 TopoJSON

TopoJSON es una extensión de GeoJSON que codifica la topología. En lugar de representar las geometrías discretamente, los polígonos en TopoJSON están atados en conjunto desde un segmento compartido llamado arco. Esta técnica elimina la redundancia, permitiendo almacenar geometrías de un modo eficiente en un mismo archivo. Un solo archivo TopoJSON puede contener múltiples colecciones de fenómenos sin datos duplicados, como estados, países, etc. A su vez este formato de codificación permite representar polígonos y límites como dos colecciones que comparten los mismos arcos (Michael, 2015).

---

<sup>28</sup> European Petroleum Survey Group. Organización relacionada con la industria petrolera, que asigna códigos para distinguir proyecciones y sistemas de referencia.

La eliminación de redundancias genera que este tipo de codificación sea mucho más eficiente, puede incluso ocupar un 80% menos de espacio de almacenamiento que un archivo GeoJSON.

Otra característica de TopoJSON para simplificar la geometría es la cuantificación de sus coordenadas. Este proceso se trata de una transformación lineal que consiste en una escala y una traslación que convierte coordenadas con parte decimal en números enteros. El único inconveniente es que al realizar la cuantificación se introduce un error, pues el valor obtenido luego de aplicar la transformación no es un entero, por lo que debe redondearse.

En conclusión, las ventajas principales de TopoJSON son similares a GeoJSON, pero con una reducción importante del tamaño de los ficheros. Sin embargo posee ciertos inconvenientes como el error que introduce la cuantificación y el hecho de ser un formato relativamente nuevo, por lo que no existen muchos programas que soporten TopoJSON aún..

### 3.7 Conclusiones

Es indispensable para la construcción de una IDE tener en cuenta los diferentes estándares OGC que existen. El funcionamiento de esta infraestructura está basado en la publicación de información por medio de servicios, y estos están definidos previamente por los estándares. Similarmente, el sistema de codificación de cada elemento estará también ligado a las disposiciones del OGC.

Desde otro punto de vista, al momento de establecer los objetivos de una IDE, es necesario tener en cuenta si existen los recursos suficientes para llevar a cabo los mismos. Y los diferentes geoservicios, formatos de codificación y representación de la información a los cuales se pueda acceder, pueden considerarse como recursos disponibles.

A pesar de la extensa cantidad de estándares, se pueden destacar aquellos que son de uso más frecuente en el ámbito de las Infraestructuras de Datos Espaciales. Aquí se destacan los servicios WFS, WCS, WMS y los formatos de codificación GML y KML.

El servicio WMS, si bien su funcionamiento es simple, pues se publica un archivo de imagen, en conjunto con su operación *getfeatureinfo* y los metadatos que trae aparejado el servicio, es suficiente para resolver la mayoría de las situaciones planteadas.

Su simplicidad permite que sea utilizado a través de un navegador web y debido a que es el estándar más utilizado es soportado por casi todos los programas de consumo de servicios OGC.

Adicionalmente a la visualización, cuando se requieren las capacidades de análisis y edición de información vectorial, el servicio WFS adquiere sentido. Su funcionamiento publica los datos en diferentes formatos de codificación (GML, KML, etc), por lo que a expensas de una menor cantidad de programas que consuman el recurso, habilita la utilización de herramientas SIG avanzadas.

Otra ventaja de este servicio es la edición de los datos. A través de diferentes tipos de software, puede editarse una base de datos desde un navegador web, utilizando el estándar WFS. Esto simplifica notablemente la cantidad de recursos que una entidad que administre información geográfica necesita, pues ya no se requiere de un software SIG instalado en cada ordenador, sino que puede realizarse la edición desde cualquier navegador, incluso un dispositivo móvil.

En general, los geoservicios simplifican enormemente la gestión de información por parte del cliente, pues la mayoría de los procesos se ejecutan en el servidor. De esta manera se consigue que los datos sean accesibles para las personas sin la necesidad de recursos importantes.

Como contrapartida, existen autores que critican en parte el trabajo del Open Geospatial Consortium, pues si bien sus estándares permiten interoperabilidad, los programadores y desarrolladores se encuentran ante documentos de 200 páginas con diferentes normativas, lo que limita la innovación y en algunos casos produce que se utilicen formatos anticuados, como es el caso de GML al compararse con GeoJSON o TopoJSON.

## Marco Práctico

### 4. Análisis y Comparación de Software

#### 4.1 Software servidor de mapas

##### 4.1.1 Geoserver

“Geoserver es un software de servidor basado en Java que permite a los usuarios ver y editar datos geográficos utilizando estándares abiertos provistos por el Open Geospatial Consortium” (GeoServer, 2015).



Figura 4.1: Logo GeoServer. Fuente: <http://geoserver.org/>

Geoserver es un software libre construido sobre Geotools<sup>29</sup> que permite representar información geográfica, implementado servicios como WMS, WFS y WCS. Esto a su vez permite la descarga y edición de los datos. Además está integrado a OpenLayers por lo que puede visualizarse el contenido a través de un navegador web fácilmente.

Al ser un software libre, Geoserver permite disminuir significativamente la barrera financiera al momento de comenzar a prestar geoservicios. Debido a la gran comunidad que respalda este software, y al funcionamiento *opensource* de su código, el perfeccionamiento del software y manejo de errores se ve acelerado en comparación con otros programas.

---

<sup>29</sup> Software Java libre que funciona como kit de herramientas SIG.

Otra ventaja que posee geoserver es la integración a APIs<sup>30</sup> existentes de mapeo, por lo que pueden representarse datos de cualquiera aplicación popular de mapeo como Google Maps, Bing Maps, etc.

La aplicación está desarrollada en lenguaje Java2EE<sup>31</sup> y se distribuye desde una página web oficial en donde pueden descargarse tres diferentes versiones: una estable, una beta y una de desarrollo. A su vez cada versión posee formatos autoinstalables (que incluyen un servidor de aplicaciones propio) o el archivo para instalar en una aplicación como *Glassfish*<sup>32</sup>.

#### Administración:

La administración de la aplicación se realiza a través de un navegador web, ingresando un usuario y contraseña. Desde esta dirección se puede configurar todo tipo de aspectos, desde agregar y publicar datos hasta cambiar los parámetros de servicios.

#### Metadatos:

Geoserver posee un sistema propio de almacenamiento de metadatos, tanto de servicios como de datos. Este formato predefinido posee sólo algunos campos para completar y si bien cubren aspectos básicos, lo correcto es enlazar Geoserver a algún programa que sirva como catálogo de metadatos, respondiendo así a los metadatos mínimos establecidos por las normas ISO.

#### Servicios disponibles:

Los servicios OGC que Geoserver brinda (en diferentes versiones) son los siguientes:

- WCS
  - 1.0.0
  - 1.1.0
  - 1.1.1

---

<sup>30</sup> Interfaz de programación de aplicaciones. Es un conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos que ofrecen ciertas librerías para ser utilizadas por otro software.

<sup>31</sup> Java Enterprise Edition.

<sup>32</sup> Servidor de aplicaciones java EE desarrollado por Sun Microsystems.

- 1.1
- 2.0.1
- WFS
  - 1.0.0
  - 1.1.0
  - 2.0.0
- WMS
  - 1.1.1
  - 1.3.0
- TMS
  - 1.0.0
- WMS-C
  - 1.1.1
- WMTS
  - 1.0.0
- WPS
  - 1.0.0
- CSW
  - 2.0.2

Además de ello, existen otros estándares OGC que complementan estos geoservicios, por ejemplo los estándares SLD, TJS, etc.

#### Espacio de Trabajo:

Para simplificar ciertas configuraciones, como por ejemplo los geoservicios disponibles en cada capa, geoserver dispone de espacios de trabajo sobre los cuales se cargaran las capas que posean características similares. Es decir, un espacio de trabajo es un contenedor utilizado para agrupar capas, configurando los servicios en los que se publicarán las mismas y opcionalmente información del productor de los datos.

#### Almacenes:

Previo a la carga de datos, se debe definir la fuente de cada capa. Para ello existen almacenes en los cuales se configura el origen de la información (por ejemplo una base de datos PostGIS) y ciertos atributos de conexión.



### Capas:

El último eslabón del proceso de carga de datos es seleccionar de cada almacén las capas a publicar, estableciendo en este caso gran cantidad de parámetros los cuales pueden categorizarse en 4 grupos:

- a) **Datos:** información sobre la capa, palabras claves, Sistema de referencia de datos y de publicación, encuadres (límites X e Y de las capas).
- b) **Publicación:** configuración de los servicios WMS, WFS y WCS; estilos de publicación y configuraciones de archivos de salida.
- c) **Dimensiones:** permite habilitar elevación y fecha.
- d) **Cacheado de Teselas:** configuraciones para el servicio WMTS donde se establece ancho y alto de las celdas, tiempo de almacenamiento en el servidor, límites de zoom y otras configuraciones.

### Bases de datos:

Geoserver posee la capacidad de trabajar con bases de datos integrada, la cual permite acceder y editar datos de los principales tipos de software de bases de datos. Los programas compatibles son los siguientes:

- a) PostGIS
- b) H2
- c) ArcSDE
- d) DB2
- e) MySQL
- f) Oracle
- g) Microsoft SQL server
- h) Terradata
- i) INDI

### Usuarios, grupos y roles:

La seguridad en Geoserver está basada en un sistema de roles donde los mismos permiten acceso a funciones particulares del servidor. Por ejemplo existe un rol que habilita la edición de datos vectoriales a través del servicio WFS.

El programa utiliza usuarios, cada cual posee una contraseña propia y tiene habilitado ciertos roles. Una forma de simplificar la asignación de capacidades es la creación de grupos, los cuales no son más que un conjunto de usuarios.

Existe un usuario por defecto, el cual posee todas las atribuciones disponibles. El mismo se genera al momento de instalar el software y es llamado “root”. Esta cuenta se encuentra permanentemente activa y sus capacidades no pueden limitarse.

#### 4.1.2 MapServer

MapServer es un software de código libre, cuyo propósito es mostrar mapas a través del Internet. Algunas de sus principales características son:



Figura 4.2: Logo MapServer

- Soporte para representar y consultar diferentes formatos raster, vectorial y de base de datos.
- Habilidad para ejecutarse en diferentes sistemas operativos (Windows, Linux, Mac, etc).
- Soporte para lenguajes script<sup>33</sup> y ambientes de desarrollo de software (PHP, Python, Perl, Ruby, Java, etc).
- Proyecciones on-the-fly<sup>34</sup>.
- Renderizados de alta calidad.
- Salida de la aplicación completamente personalizable.

<sup>33</sup> Archivo de órdenes. Es un programa simple que se almacena en un archivo de texto plano.

<sup>34</sup> Proyección al vuelo. Representación de datos en proyección diferente al origen, sin la necesidad de transformar el archivo original.

- Pensada para utilizar en conjunto con otras aplicaciones de código libre.

La definición básica de MapServer sería un programa CGI<sup>35</sup> que se encuentra inactivo en tu servidor web. Cuando una solicitud es enviada a MapServer, utiliza información encontrada en la URL y el archivo Mapfile para crear una imagen del mapa solicitado.

#### Anatomía de MapServer:

La aplicación MapServer consiste de:

- **Archivo Map:** un archivo de configuración para la aplicación compuesto por texto estructurado. Define el área del mapa, datos a mostrar y las capas utilizadas. También incluye información sobre la proyección y simbología. Debe poseer la extensión **.map**
- **Datos geográficos** utilizados por MapServer para generar mapas. El formato por defecto es shapefile, sin embargo puede utilizarse otro tipo de formatos.
- **Páginas HTML.** El interfaz entre un usuario y el servidor.
- **MapServer CGI.** Ejecutable binario que recibe las solicitudes y devuelve imágenes, datos, etc.
- **Servidor Web/HTTP.** Servidor de las anteriormente mencionadas páginas HTML.

---

<sup>35</sup> Interfaz de entrada común. Es una tecnología que permite a un cliente (navegador web) solicitar datos de un programa ejecutado en un servidor web

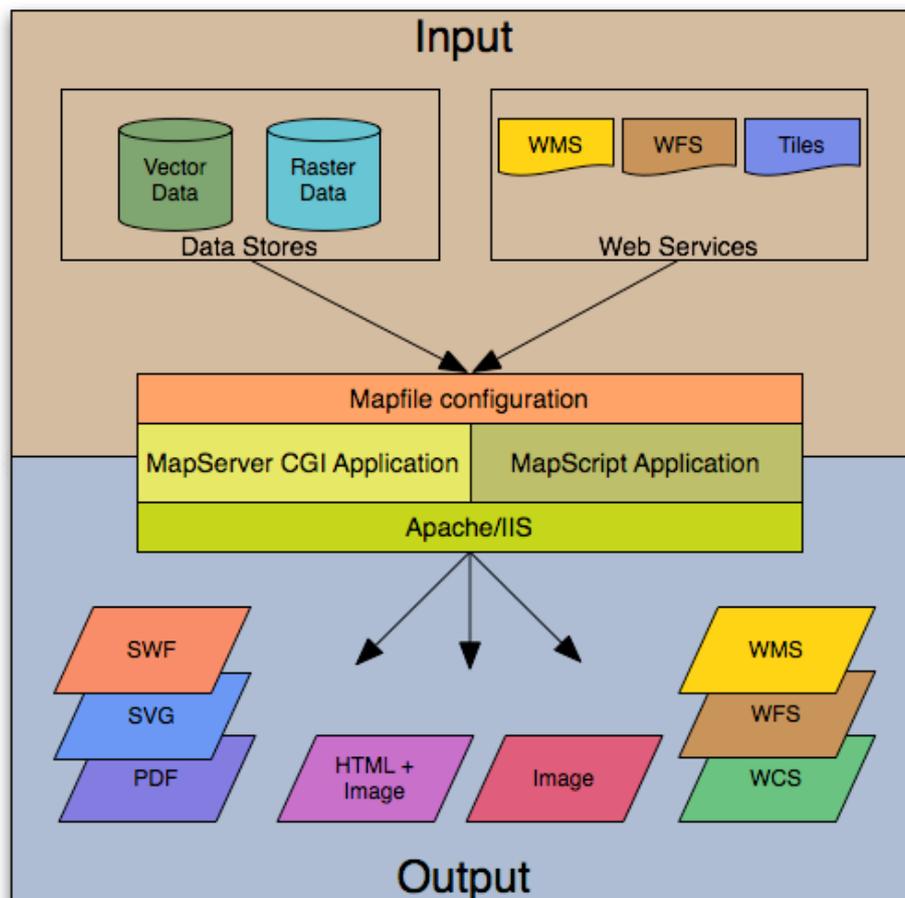


Figura 4.3: Anatomía de la aplicación MapServer. Fuente: <http://mapserver.org>

## 4.2 Software para gestión de metadatos

### 4.2.1 GeoNetwork

“Software libre destinado al manejo de recursos georreferenciados. Provee poderosas funciones para la edición y búsqueda de metadatos, así como un visor web de mapas interactivo. Actualmente es utilizado por numerosas iniciativas de IDE alrededor del mundo.” (GeoNetwork, 2015)

GeoNetwork es una aplicación desarrollada en lenguaje Java, específicamente Java2EE. Es un software de tipo libre, es decir se puede distribuir tanto el programa como su código



Figura 4.4: Logo GeoNetwork

sin restricciones. Las diferentes versiones y últimas actualizaciones se encuentran disponibles en la página web oficial del proyecto: <http://geonetwork-opensource.org/>

El proyecto GeoNetwork tuvo inicio en el año 2001 como un sistema de catálogo de datos espaciales para tres programas de la ONU: las organizaciones de comida y agricultura (FAO), el programa de comida mundial (WFP) y el programa ambiental (UNEP). Es parte de la fundación geoespacial *Open Source (OSGeo)*<sup>36</sup> lo que da muestras de la gran comunidad que respalda la aplicación.

En la sección descargas encontramos las diferentes versiones del software, una vez seleccionada las diferentes formas de distribución:

- Un archivo .jar para permitir a GeoNetwork ser instalado directamente como un programa independiente en el sistema operativo, funcionando como una aplicación autónoma (necesita tener instalada una versión específica de java)
- Un archivo .war que permite la instalación de GeoNetwork en un servidor de aplicaciones.
- Una nota de cambios entre las últimas versiones.

Sin importar el tipo de instalación que se elija, el funcionamiento del software es el mismo. Se accede a través de un navegador web, introduciendo en la barra de dirección url el número IP<sup>37</sup> del servidor, el puerto<sup>38</sup> (por defecto 8080) y la extensión GeoNetwork. Por ejemplo: <http://127.0.0.1:8080/geonetwork>

Para la especificación de metadatos, se debe seleccionar el estándar con el que se desea trabajar. En general se aplican las siguientes reglas:

- ✓ Dublín core es utilizado para un geoportal, referencia a publicaciones y reportes.
- ✓ ISO 19115/119/139 son las normas utilizadas para recursos espaciales (por ejemplo conjunto de datos, servicios, mapas).
- ✓ ISO 19110 es la norma utilizada para tabla de atributos de entidades.

<sup>36</sup> OSGeo es una fundación creada para apoyar el desarrollo colaborativo de los software de tipo geoespacial y promover su uso. Algunos recursos que ofrece son tutoriales sobre el uso de software, guías de instalación e incluso un paquete de diferentes aplicaciones geoespaciales preinstalados.

<sup>37</sup> El protocolo de internet es un protocolo utilizado para la comunicación de datos a través de una red de paquetes combinados. Una dirección IP es un número que identifica a una interfaz de cualquier dispositivo de red.

<sup>38</sup> Un puerto es una interfaz a través de la cual se pueden enviar y recibir los diferentes tipos de datos.

El programa prevee un modo editor, que permite la carga de datos, gráficos, documentos, PDF y cualquier otro tipo de contenido. Sus principales atribuciones las detalla la organización GeoNetwork (2015):

- Mantenimiento completo de estándares.
- Edición de metadatos multilinguaje.
- Sistema de validación.
- Sistema de sugerencias para mejorar la calidad de metadatos.
- Geopublicación para publicar capas de datos geográficos en los servicios OGC (ej. GeoServer).

GeoNetwork posee además una herramienta de búsqueda que permite realizar la búsqueda de diferentes maneras:

- Una caja de texto, la cual posee sugerencias (similar a una búsqueda en google)
- Características que definen grupos según el contenido del catálogo, las cuales pueden ser seleccionados desde el buscador.
- Filtros espaciales para seleccionar áreas específicas
- Un buscador avanzado donde pueden ingresarse categorías, palabras claves, fecha de elaboración o cualquier otro parámetro de los metadatos.

TYPE OF RESOURCES	
Dataset	3
Maps and graphics	1
Collection session	1
Service	1
TOPICS	
Geoscientific information	1
Boundaries	1
Inland waters	1
KEYWORDS	
Polar ecosystem	1
Physiographic soil	1

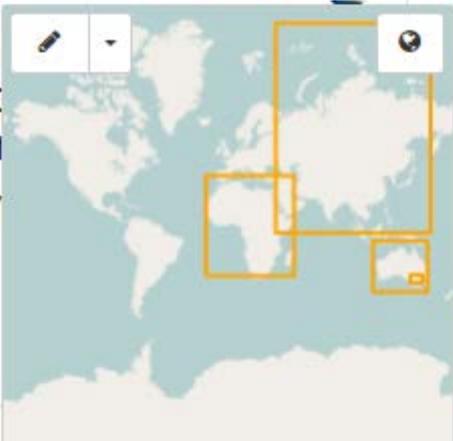


Figura 4.5: Facetas de grupos y filtros espaciales que brinda GeoNetwork. Fuente <http://geonetwork-opensource.org/>

Actualmente la versión 2.X de GeoNetwork es la más utilizada en las Infraestructuras de Datos Espaciales (por ejemplo, la utilizan las IDEs nacionales de Argentina y España), sin embargo desde Abril del 2015 la organización responsable publicó una nueva serie de versiones 3.0 donde se ven grandes cambios en la interfaz.



Figura 4.6: Versiones 2.0 y 3.0 de GeoNetwork. Fuente: <http://geonetwork-opensource.org/>

#### 4.2.2 Geonode

**Geonode** es una aplicación basada en navegadores web que sirve como plataforma para desarrollar Sistemas de Información Geográfica y para desplegar Infraestructuras de Datos Espaciales.



Figura 4.7: Logo GeoNode

Es una aplicación muy completa por lo que resulta complicado categorizarla por sus funciones. Posee la capacidad de importar y administrar capas de datos raster y vectoriales, con la posibilidad de publicar las mismas a través de servicios OGC. Otra herramienta es la de buscar, consultar, crear y administrar catálogos de metadatos; y por último tiene integrada la capacidad para visualizar mapas desde un navegador web.

Podemos clasificar sus funciones en tres grandes categorías:

### Búsqueda de I.G.

- ✓ Motor de búsqueda espacial.
- ✓ Compatibilidad con servicios OGC.
- ✓ Catálogo de metadatos.

### Importación y Administración de I.G.

- ✓ Publicar datos raster, vectorial y tablas.
- ✓ Administrar metadata y documentos asociados.
- ✓ Publicar información de forma pública o privada.
- ✓ Editor de datos geoespaciales.

### Mapeo Interactivo

- ✓ Cliente GeoExplorer.
- ✓ Editor de estilos gráficos.
- ✓ Crear mapas interactivos multi-capas.
- ✓ Compartir y vincular mapas en páginas web.

## 4.3 Software para visualización web

### 4.3.1 OpenLayers

**OpenLayers (OL3)** es una gran librería<sup>39</sup> java diseñada para el mapeo web, que permite desplegar información geográfica en la mayoría de los navegadores web, sin la dependencia de servidores. El funcionamiento es similar a otras aplicaciones geográficas web como google maps, pero con una importante diferencia: Open Layers es un software libre.



Figura 4.8: Logo de OpenLayers

OpenLayers representa mapas en 2 dimensiones por lo que es necesario utilizar algún tipo de proyección. En caso de no seleccionarse una específica, se utilizará por defecto la proyección web de Mercator (EPSG:3857).

<sup>39</sup> Conjunto de implementaciones funcionales, codificadas en un lenguaje de programación, que ofrece una interfaz bien definida para la funcionalidad que se invoca.

OL3 está basado en las herramientas de Google *Closure*<sup>40</sup> además utiliza gran parte de sus librerías. Esta característica permite que los desarrolladores puedan concentrarse en la funcionalidad de mapear de sus aplicaciones y tener tranquilidad en el software de visualización. Además las librerías Closure están diseñadas para utilizar un compilador propio el cual posee el mayor nivel de compresión existente actualmente (OpenLayers, 2015).

Otra de las propiedades destacadas de OpenLayers es la posibilidad de exportar sólo las propiedades y métodos que un sitio necesita. Habitualmente un servidor posee paquetes predeterminados que se solicitan por un cliente y se envían, pero OL3 genera estos paquetes al momento del pedido, por lo que sólo se envía aquello requerido por el usuario.

La librería actualmente incluye tres renderizadores: Canvas, DOM y WebGL. Los tres soportan datos raster, pero sólo Canvas puede manejar datos vectoriales, lo que implica que el navegador que desee utilizar servicios como el WFS necesitaran ser compatibles con Canvas (esto excluye por ejemplo Internet Explorer en las versiones anteriores a IE9).

### **Componentes Básicos**

Mapa: Es el componente principal de OpenLayers3. Es renderizado a un contenedor objetivo. Todas las propiedades pueden ser configuradas en tiempo de construcción o utilizando métodos de configuración.

Visualización: El mapa no es responsable de funciones como centrar la vista, nivel de zoom y proyección del mapa. Estas propiedades son parte del componente de visualización la cual además el sistema de coordenadas y unidades utilizadas.

Fuente: Para obtener datos de un capa OpenLayers3 utiliza una subclase de origen de la cual obtiene información geográfica. Estas fuentes están disponibles en Internet y pueden ser servicios de mapa como OpenStreetMap o Bing o servicios OGC como WMS, WMTS u WFS.

Capa: Una capa es la representación de los datos obtenidos de una fuente. OL3 posee tres tipos de capas: Un capa para fuentes pre-renderizadas, es decir imágenes raster divididas en celdas que se organizan según niveles de zoom para resoluciones específicas; otro tipo de

---

<sup>40</sup> Las librerías Closure es una librería JavaScript utilizado como base para muchos productos de Google.

capa surge de aquellos servidores con imágenes renderizadas que están disponibles para extensiones y resoluciones arbitrarias; y un último tipo para los datos vectoriales que son renderizados en el hardware del cliente.

Cada uno de estos componentes es utilizado al ingresarlo en el código de fuente de una página web o aplicación. Es decir se puede utilizarse OL3 al ingresar los componentes en un bloc de notas e iniciar el mismo con un navegador web.

```

<div id="map" style="width: 100%, height: 400px"></div>
<script>
  new ol.Map({
    layers: [
      new ol.layer.Tile({source: new ol.source.OSM()})
    ],
    view: new ol.View({
      center: [0, 0],
      zoom: 2
    }),
    target: 'map'
  });
</script>

```

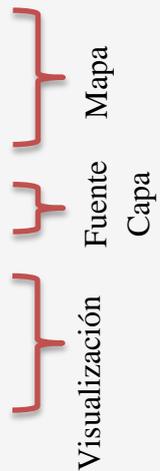


Figura 4.9: Componentes básicos de OL3. Fuente: <http://openlayers.org/>

#### 4.3.2 GeoExplorer

GeoExplorer es una aplicación web basada en el framework<sup>41</sup> GeoExt<sup>42</sup> para la confección y publicación de mapas. Con GeoExplorer se puede ensamblar un mapa desde cualquier



Figura 4.10: Logo GeoExplorer

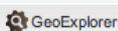
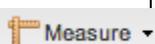
<sup>41</sup> Infraestructura digital. Es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definido, que puede servir de base para la organización y desarrollo de software.

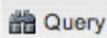
<sup>42</sup> Kit de herramientas javascript para la creación de aplicación de mapeo web.

servidor WMS e integrarlo con mapas existentes como Google Maps u OpenStreetMap. Otra opción existente es la edición del estilo de representación de la información, crear hipervínculos al mapa desde cualquier página web o exportar el mapa en formato PDF.

La administración y configuración del programa se realiza a través de un navegador web, ingresando la dirección IP del servidor y el puerto correspondiente. El espacio de trabajo de GeoExplorer se divide en tres áreas principales:

- **Map Window:** Ventana donde se visualiza el mapa.
- **GeoExplorer Toolbar:** Barra de herramientas de la aplicación principal
- **Layers Panel:** Muestra una lista de capas para el mapa y provee acceso a las propiedades y estilos de capas.

Botón	Nombre	Descripción
	GeoExplorer	Presenta información sobre la aplicación GeoExplorer.
	Publicar mapa	Compone una aplicación de mapa basada en la ventana actual y genera un código HTML para vincular la aplicación a una página web.
	Guardar mapa	Guarda la composición de la venta de mapa actual y genera un URL para visitar la configuración establecida.
	Imprimir	Crea un PDF con la composición de la ventada de mapa actual.
	Identificar	Muestra información de la entidad seleccionada en la ventana de mapa.
	Medir	Mide una distancia o área en la venta de mapa.

Botón	Nombre	Descripción
 Query	Consultar	Consulta a la capa seleccionada. Las opciones son: consultar por una extensión de mapa existente y consultar por atributos.
	Crear	Crea una nueva entidad en la capa seleccionada. Trabaja sólo con capas vectoriales.
	Modificar	Edita una entidad existente en la capa seleccionada. Trabaja sólo con capas vectoriales.
 Login	Ingresar	Ingresas a GeoServer para poder crear y editar entidades.

#### 4.4 Software SIG en la nube

Si bien las prestaciones óptimas en cuanto a rendimiento y funcionalidad las encontramos utilizando los tipos de software antes mencionados en servidores dedicados, esta no siempre es una opción por igual para todo tipo de usuario o proyecto.

Los costos de mantener o contratar un servidor, sumado a los gastos necesarios para el mantenimiento del software y las configuraciones, muchas veces son superiores a las capacidades de diferentes instituciones que desean participar en una IDE.

Sin embargo, existen alternativas en las cuales resignando parte de las funcionalidades (no críticas), pueden ofrecerse diferentes geoservicios con costos inferiores y un menor nivel de complejidad en cuanto a su implementación.

#### 4.4.1 GIS Cloud

GIS Cloud es un SIG web, el cual provee muchas de las funciones de los programas de escritorio. Esta aplicación permite visualizar, analizar y administrar información geográfica. Una de las principales funciones es la creación de mapas personalizados, los cuales pueden ser publicados desde la página web GIS Cloud.



Figura 4.11: Logo GIS Cloud

Las principales herramientas SIG que el programa provee son:

- Edición de elementos vectoriales
- Selección espacial
- Análisis espacial (Buffer, Proximidad, Puntos calientes)
- Geocodificación

GIS Cloud permite utilizar parte de sus servicios de forma gratuita, por lo que se puede crear y publicar un mapa a través de esta plataforma sin costo alguno. Sin embargo para el acceso a todas sus funciones, existe un cargo mensual.

El programa admite diversas fuentes de datos: archivos espaciales locales, bases de datos PostGIS, servicios WMS, WMTS y WFS, mapas GIS Cloud, Mapas generados en ArcMap, y mapas bases como Bing u Open Street Map (OSM).

Si bien GIS Cloud posee un sistema propio para la publicación de los mapas generados, incorpora en sus funciones la posibilidad de publicar el servicio OGC Web Map Service, pero sin la operación opcional GetFeatureInfo. Si bien es el único geoservicio que puede brindarse, es suficiente para generar un pequeño nodo dentro de una IDE.

#### 4.4.2 CartoDB

CartoDB es una plataforma que funciona sobre una base de datos espacial a la cual se le han agregado herramientas para visualizar, analizar y consultar la información.

El servicio posee un editor desde la web donde se administran los datos y personalizan los mapas. Es decir, que sin instalar nada en la PC, nos permite almacenar, visualizar y compartir información geoespacial fácilmente.

CartoDB es un software libre que puede descargarse e instalarse utilizando hardware local. Sin embargo lo que se comercializa es el servicio de hosting de este software (fig. 4.12), de modo tal que el usuario no necesite preocuparse por configuraciones, servidores, conexiones o seguridad. Simplemente contrata el servicio y puede comenzar la edición y publicación de mapas temáticos.

El programa está montado sobre un sobre una base de datos PostgreSQL con la extensión PostGIS. A través de un módulo de administración, se pueden realizar la mayoría de las consultas que esta base de datos permite. Así se obtienen ciertas herramientas comunes en un SIG de escritorio.

Las fuentes de datos que CartoDB admite son diversas; subida de datos desde un disco local, servicios de almacenamiento en la nube (Dropbox, Google Drive, etc), entre otros. En cuanto a formatos objetos vectoriales, soporta archivos shapefile, GeoJSON y KML son los principales, admitiendo también formatos de tablas.

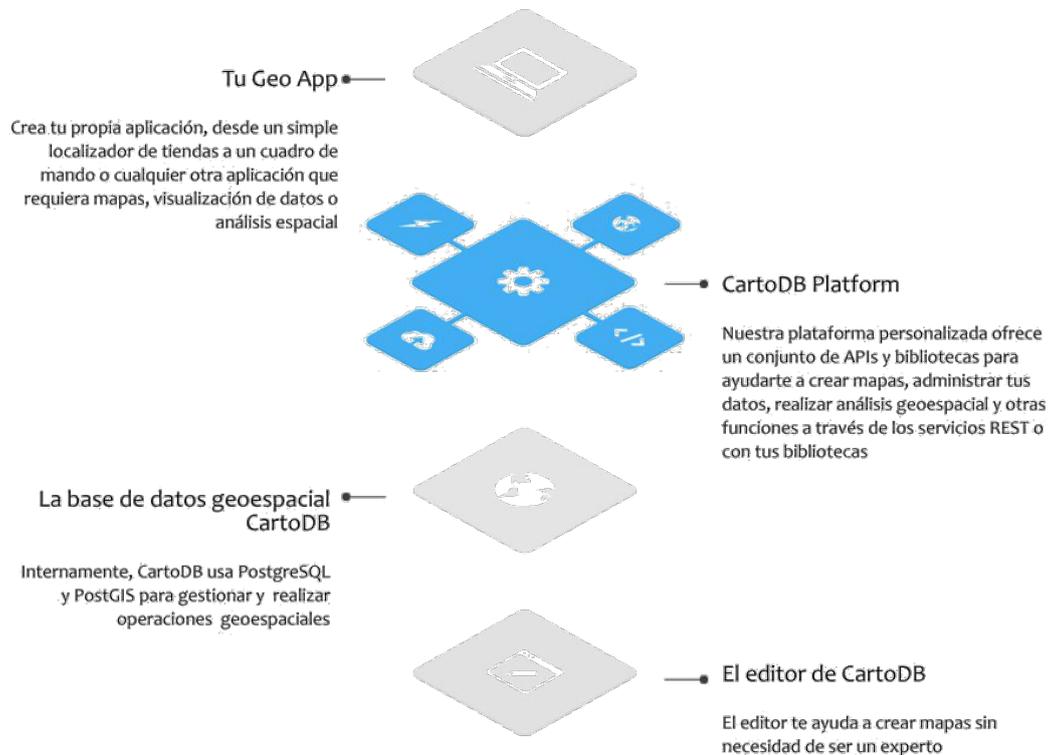


Figura 4.12: Descripción del funcionamiento de CartoDB. Fuente: <https://cartodb.com/>

Lamentablemente no permite la utilización de servicios web OGC como capas dentro de un mapa. La única excepción es el mapa base, el cual puede componerse por una capa obtenida de un servicio WMS.

En cuanto a la publicación de datos, CartoDB alienta a la utilización de su propio servicio para compartir los mapas, sin embargo a partir de abril del 2015, la versión paga permite publicar información utilizando el estándar WMS o WMTS.

### 4.4.3 Otros

#### Mapbox

Mapbox es una plataforma de desarrollo para la creación y uso de mapas. Las herramientas de este programa son bloques de construcción que soportan todas las partes del proceso de creación de un mapa web.

Mapbox permite:

- Diseñar y personalizar un mapa incluso en pequeños detalles.
- Subir datos propios o utilizar conjuntos de datos provistos por Mapbox.
- Construir y publicar aplicaciones web con interacciones personalizadas.
- Crear mapas estáticos.
- Desarrollar aplicaciones móviles.
- Extender las funciones de tus aplicaciones con servicios web para geocodificación, análisis espacial y más.

#### Mangomap

Permite crear y compartir mapas web interactivos que contengan datos SIG propios. Se especializa en la visualización de los mapas, permitiendo generar mapas temáticos fácilmente. Además permite agregar herramientas a los mapas, para generar así información interactiva.

#### iSpatial

iSpatial es un una solución completa para la creación, visualización, almacenamiento y análisis de mapas. Su página web menciona “iSpatial es una infraestructura colaborativa basada en la web que aprovechan Google Earth y Maps en un enfoque basado en tareas para solucionar problemas complejos”.

Las funciones principales son:

- Visualizar datos SIG y de otras fuentes.
- Seguimiento y gestión de activos.
- Conocimiento de la situación general.
- Visualización de datos en tiempo real.

- Personalizar y adaptar los mapas.
- Vincular con herramientas existentes.

### ArcGIS Online

ArcGIS Online permite crear un mapa que pueda visualizarse en un navegador, aplicación de escritorio o dispositivo móvil. También es posible utilizar información que ArcGIS incluye como “Living Atlas of the World”, que consta de mapas y datos acreditados sobre miles de temas.

Las funciones principales son:

- Visualización de datos.
- Análisis espaciales.
- Administración de datos.
- Soporte técnico (ArcGIS Solution).
- Seguridad para los datos.

## 4.5 Conclusión

La cantidad de programas y aplicaciones *Opensource* con capacidad de brindar servicios web OGC es amplia, por lo que la elección del software a utilizar puede realizarse de acuerdo a las necesidades del proyecto.

No obstante esta gran variedad, actualmente existen programas que poseen una gran ventaja sobre el resto en cuanto a su documentación y comunidad de respaldo. Esta última es sumamente importante cuando se trabaja con software libre, pues de ello dependerá la capacidad y velocidad para solucionar diferentes problemas y errores; además de la actualización del programa con nuevas complementos.

En el caso de los servidores de mapas, GeoServer es el programa con una interfaz sumamente amigable que permite realizar todas las configuraciones a partir de un navegador web, es compatible con las fuentes de datos usuales (bases de datos, archivos locales, servicios

WMS), dispone de una gran cantidad de extensiones con lo cual ofrece la mayor parte de los servicios y complementos OGC.

Otra opción como servidor de mapas es MapServer, el cual permite brindar los principales servicios web OGC (con excepción del servicio WPS) y también posee una amplia comunidad de respaldo. Sin embargo la interfaz para administrar el software requiere conocimiento de programación, lo que complica su uso en organizaciones con presupuestos bajos.

En cuanto al servicio de catálogo de metadatos, también se presentan diferentes programas como CatMDEdit, pycsw, entre otros. Pero el software más utilizado en las IDEs es GeoNetwork. Este software, que recientemente se ha actualizado a una nueva versión modificando su interfaz, no sólo permite la edición de metadatos, sino que recolecta información desde diferentes servicios OGC, e incluso permite la visualización de servicios WMS, esto es de gran importancia en un catálogo de metadatos pues se puede utilizar para realizar consultas espaciales.

Los tipos de software de visualización es donde no existe un programa que posea claras ventajas sobre otros. Si bien se puede destacar GeoExplorer al estar basado en GeoServer, lo que simplifica las configuraciones entre ambos software; sin embargo otros tipos de software como Leaflet por ejemplo, que si bien no ofrece las mismas funcionalidades, es un cliente mucho más liviano.

Sin establecer cuáles son los factores, los tipos de software libre para administrar catálogos de metadatos y servidores de mapas tienden a concentrar desarrolladores en un programa principal (GeoNetwork y GeoServer), y en lugar de diversificar esfuerzos en programas con funciones generales, se apunta a complementar estas aplicaciones con complementos o extensiones (como es el caso de la función WPS o CSW de GeoServer). Esta es la opción más simple y viable para la construcción de nuevas Infraestructuras de Datos Espaciales; y sin embargo es a su vez la opción más completa en cuanto a funciones y funciona perfectamente con grandes volúmenes de datos (estas dos aplicaciones son utilizadas por las IDEs nacionales de España y Argentina por ejemplo).

Debido a la existencia de un programa libre con funciones similares e incluso superiores a aquellos software privativos, actualmente existen empresas que han decidido contribuir al

desarrollo de los programas libres, y en lugar de vender licencias ofrecen un servicio de soporte para su instalación y uso, como por ejemplo Boundless, que ha empaquetado los principales programas requeridos para construir una IDE en un conjunto llamado *OpenGeo Suite* que puede obtenerse libre, y vende un servicio para personalizar los productos además de un soporte en la configuración de un servidor.

Saliendo de este patrón se encuentran los software de visualización, donde existen una gran variedad de aplicaciones y versiones en uso en las diferentes IDEs, incluso es común encontrar visualizadores desarrollados específicamente para ciertas instituciones (si bien suele utilizarse el código fuente de las aplicaciones populares). Para el caso de instituciones pequeñas o con recursos limitados, las opciones libres predefinidas permiten cumplir perfectamente esta función, como por ejemplo el software GeoExplorer.

## **5. Prototipo de IDE en Córdoba**

Este capítulo está destinado a realizar una prueba piloto, donde utilizando parte de los estándares y tipos de software antes mencionados; se instalará un prototipo de Infraestructura de Datos Espaciales, haciendo énfasis en la componente tecnológica de la misma.

El capítulo se compondrá de cuatro títulos principales:

1. La obtención y adecuación de datos.
2. La instalación y configuración del software.
3. Selección y configuración de geoservicios.
4. Prueba piloto con casos concretos.

Uno de los primeros escenarios que se deben resolver para implementar la componente tecnológica en una IDE es el hardware que se utilizará para publicar los datos. Cada nodo requerirá su propio Centro de Proceso de Datos (CPD), el cual almacenará la información y a su vez estará conectado a Internet para brindar servicios web.

Rápidamente surgen dos posibles respuestas a los requerimientos de hardware: construir un CPD propio o contratar un servidor en la nube. “Para arrancar y mantener un CPD son necesarios recursos económicos y humanos así como una planificación. Debido a ello, en organizaciones de tamaño limitado, puede no resultar rentable tener un CPD para albergar un número reducido de servidores. Para satisfacer estas necesidades existen dos planes de alojamiento, *housing* y *hosting*.” (Bernabé-Poveda & López-Vázquez, 2012)

El *housing* es un servicio que consiste en vender el espacio físico acondicionado para la instalación del hardware necesario para un CPD. Es decir, este servicio se encarga de la refrigeración, espacio físico, electricidad, etc.

El *hosting*, o alojamiento web, es un servicio que consiste en proveer el espacio virtual para el almacenamiento de datos en servidores y acceder a los mismos a través de Internet.

Actualmente un nuevo paradigma llamado *Cloud Computing* o **computación en la nube**, el cual evolucionó a partir del *hosting*, permite ofrecer servicios a través de Internet en lugar de un simple almacenamiento. Esta opción es muy atractiva para aquellas organizaciones que desean construir su propio nodo en una IDE y disponen de recursos limitados.

Para la aplicación del trabajo se utilizarán productos de computación en la nube. Existen diferentes empresas que los ofrecen, por lo que se intentó utilizar tres proveedores diferentes: Amazon, Google y Jelastic.

Finalmente se utilizó la nube pública ofrecida por Jelastic, utilizando servidores “onTop Technology Corp.”. En el cual se generó un entorno compuesto por un servidor de aplicaciones (Apache Tomcat 7.0) y una base de datos SQL (PostgreSQL con su extensión PostGIS).

Este servicio de nube pública no posee costos fijos, sino que el costo varía de acuerdo a la cantidad de recursos (memoria ram, ancho de banda y procesador) utilizados. Para montar el prototipo se fijó un mínimo y máximo de recursos disponibles, con lo cual los precios de mantenimiento mensual oscilan entre 8 y 23 dolares.

## 5.1 Obtención y adecuación de datos

Para la generación de un piloto de IDE, es necesario utilizar un conjunto de datos representativo, que posea una cantidad de elementos significativos, con atributos y metadatos. Se trabajó con tres fuentes de datos principales: Catastro Municipal de Río Segundo, Catastro Provincial de Córdoba y Dirección General de Estadísticas y Censos.

Para la edición de los datos se utilizaron dos programas: el software SIG de escritorio QGIS para las diferentes capas en formato .shp y GeoNetwork para la generación de metadatos.

### 5.1.1 Catastro Municipal de Río Segundo

Se utilizaran dos capas provistas por el municipio en formato .shp: las calles locales, generadas con las condiciones necesarias (geometría y variables temáticas) para permitir la utilización de herramientas de geocodificación; y las parcelas, capa que surge de la base de datos catastral de la provincia, pero se encuentra actualizada a partir de planos aprobados por el municipio.

Al momento de cargar las capas que se encontraban en formato shape a una base de datos en PostGIS se le asignó como sistema de referencia POSGAR 98, faja 4. Esto fue necesario pese a que existía el archivo correspondiente a la proyección (.prj) porque el complemento que incluye PostGIS para la carga de shapefile no utiliza dicha información, sino que debe introducirse al momento de importación.

Los datos entregados carecían de metadatos, por lo que se documentaron los mismos utilizando como plantilla base el “Perfil Metadatos para Datos Vectoriales IDERA” utilizando el programa GeoNetwork, el cual recolecta información desde GeoServer y luego se edita esta información para adecuarla al perfil sugerido por IDERA.

Metadato de la capa “parcelas municipales”

<b>Título</b>	Parcelas Municipales
<b>Fecha de creación de los metadatos</b>	25/02/2016
<b>Resumen</b>	Capa de parcelas municipales provistas por Catastro Municipal de Río Segundo, Provincia de Córdoba.
<b>Punto de contacto creador del dato</b>	Rafael J. Ocampo; Av. Vélez Sarsfield 1611 (Córdoba); CP 5016; tel. 3516542061
<b>Punto de contacto responsable</b>	Municipalidad de Río Segundo; San Martín 1090 (Córdoba); CP 5960; tel. 03572-425522/425505
<b>Tema</b>	Límites
<b>Palabras clave</b>	Parcelas urbanas, Parcelas municipales
<b>Tipo de representación espacial</b>	Polígono
<b>Formato de distribución</b>	ESRI Shapefile
<b>Escala</b>	1:200000
<b>Extensión geográfica</b>	-31.618908156326203 N -31.66989329463088 S -63.94964613590675 W -63.864813251854585 E
<b>Sistema de Referencia</b>	WGS 84
<b>Proyección</b>	Posgar 98 Faja 4
<b>URL del recurso</b>	<a href="http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoserver/web">http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoserver/web</a>
<b>Linaje</b>	Catastro Provincial y mensuras presentadas.
<b>Norma de metadatos</b>	ISO 19115:2003/19139

<b>Perfil de metadatos</b>	Perfil Metadatos para Datos Vectoriales IDERA
<b>Versión de la norma</b>	2.0

Metadato de la capa “calles municipales”

<b>Título</b>	Calles Municipales
<b>Fecha de creación de los metadatos</b>	25/02/2016
<b>Resumen</b>	Capa de calles de la municipalidad de Río Segundo, Provincia de Córdoba.
<b>Punto de contacto creador del dato</b>	Rafael J. Ocampo; Av. Vélez Sarsfield 1611 (Córdoba); CP 5016; tel. 3516542061
<b>Punto de contacto responsable</b>	Municipalidad de Río Segundo; San Martín 1090 (Córdoba); CP 5960; tel. 03572-425522/425505
<b>Tema</b>	Límites
<b>Palabras clave</b>	Calles, Calles Río Segundo, Calles municipales
<b>Tipo de representación espacial</b>	línea
<b>Formato de distribución</b>	ESRI Shapefile
<b>Escala</b>	1:200000
<b>Extensión geográfica</b>	-31.618908156326203 N -31.66989329463088 S -63.94964613590675 W -63.864813251854585 E
<b>Sistema de Referencia</b>	WGS 84
<b>Proyección</b>	Posgar 98 Faja 4
<b>URL del recurso</b>	<a href="http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoserver/web">http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoserver/web</a>
<b>Linaje</b>	Catastro Provincial
<b>Norma de metadatos</b>	ISO 19115:2003/19139
<b>Perfil de metadatos</b>	Perfil Metadatos para Datos Vectoriales IDERA
<b>Versión de la norma</b>	2.0

### 5.1.2 Catastro Provincial de Córdoba

Se utilizarán tres capas del SIT de Catastro en formato .shp; calles, parcelas urbanas y parcelas rurales del departamento Río Segundo.

Las capas suministradas por Catastro Provincial no poseían información sobre el sistema de proyección y sus atributos alfanuméricos se encontraban en un documento de tablas .xls. Se utilizó QGIS para la asignación del sistema de proyección (POSGAR 98 Faja 4) y la unión de tablas.

No se entregaron metadatos junto a las capas, por lo que se generaron nuevos metadatos utilizando el Perfil Metadatos para Datos Vectoriales IDERA 2.0, en conjunto con los metadatos elaborados por Miranda V. (2013).

#### Metadato de la capa “calles departamentales”

<b>Título</b>	Calles departamentales
<b>Fecha de creación de los metadatos</b>	25/02/2016
<b>Resumen</b>	Capa de calles del departamento de Río Segundo, provistas por Catastro Provincial.
<b>Punto de contacto creador del dato</b>	Rafael J. Ocampo; Av. Vélez Sarsfield 1611 (Córdoba); CP 5016; tel. 3516542061
<b>Punto de contacto responsable</b>	Dirección de Catastro de la provincia de Córdoba; Av. Figueroa Alcorta 234 (Córdoba); CP 5000; tel. 4342143
<b>Tema</b>	Límites
<b>Palabras clave</b>	Calles departamentales; Calles; Calles provinciales
<b>Tipo de representación espacial</b>	Línea
<b>Formato de distribución</b>	ESRI Shapefile
<b>Escala</b>	1:200000
<b>Extensión geográfica</b>	31.30754635365417 N -32.06433729530646 S -

	64.06030112898262 W -62.83241599068364 E
<b>Sistema de Referencia</b>	WGS 84
<b>Proyección</b>	Posgar 98 Faja 4
<b>URL del recurso</b>	<a href="http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoserver/web">http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoserver/web</a>
<b>Linaje</b>	Fotogrametría y cartas del IGN
<b>Norma de metadatos</b>	ISO 19115:2003/19139
<b>Perfil de metadatos</b>	Perfil Metadatos para Datos Vectoriales IDERA
<b>Versión de la norma</b>	2.0

Metadato de la capa “parcelas rurales”

<b>Título</b>	Parcelas rurales
<b>Fecha de creación de los metadatos</b>	25/02/2016
<b>Resumen</b>	Parcelas Rurales del departamento Río Segundo provistas por Catastro Provincial.
<b>Punto de contacto creador del dato</b>	Rafael J. Ocampo; Av. Vélez Sarsfield 1611 (Córdoba); CP 5016; tel. 3516542061
<b>Punto de contacto responsable</b>	Dirección de Catastro de la provincia de Córdoba; Av. Figueroa Alcorta 234 (Córdoba); CP 5000; tel. 4342143
<b>Tema</b>	Límites
<b>Palabras clave</b>	Parcelas rurales, Parcelas
<b>Tipo de representación espacial</b>	Polígono
<b>Formato de distribución</b>	ESRI Shapefile
<b>Escala</b>	1:200000
<b>Extensión geográfica</b>	31.30754635365417 N -32.06433729530646 S - 64.06030112898262 W -62.83241599068364 E
<b>Sistema de Referencia</b>	WGS 84
<b>Proyección</b>	Posgar 98 Faja 4
<b>URL del recurso</b>	<a href="http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoserver/web">http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoserver/web</a>
<b>Linaje</b>	Fotogrametría, cartas del IGN y mensuras

	presentadas
<b>Norma de metadatos</b>	ISO 19115:2003/19139
<b>Perfil de metadatos</b>	Perfil Metadatos para Datos Vectoriales IDERA
<b>Versión de la norma</b>	2.0

Metadato de la capa “parcelas rurales”

<b>Título</b>	Parcelas urbanas departamentales
<b>Fecha de creación de los metadatos</b>	25/02/2016
<b>Resumen</b>	Parcelas urbanas del departamento Río Segundo provistas por Catastro Provincial.
<b>Punto de contacto creador del dato</b>	Rafael J. Ocampo; Av. Vélez Sarsfield 1611 (Córdoba); CP 5016; tel. 3516542061
<b>Punto de contacto responsable</b>	Dirección de Catastro de la provincia de Córdoba; Av. Figueroa Alcorta 234 (Córdoba); CP 5000; tel. 4342143
<b>Tema</b>	Límites
<b>Palabras clave</b>	Parcelas urbanas, Parcelas
<b>Tipo de representación espacial</b>	Polígono
<b>Formato de distribución</b>	ESRI Shapefile
<b>Escala</b>	1:200000
<b>Extensión geográfica</b>	31.30754635365417 N -32.06433729530646 S - 64.06030112898262 W -62.83241599068364 E
<b>Sistema de Referencia</b>	WGS 84
<b>Proyección</b>	Posgar 98 Faja 4
<b>URL del recurso</b>	<a href="http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoserver/web">http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoserver/web</a>
<b>Linaje</b>	Fotogrametría, cartas del IGN y mensuras presentadas
<b>Norma de metadatos</b>	ISO 19115:2003/19139
<b>Perfil de metadatos</b>	Perfil Metadatos para Datos Vectoriales IDERA
<b>Versión de la norma</b>	2.0

### 5.1.3 Dirección General de Estadísticas y Censos

La **Dirección General de Estadísticas y Censos** forma parte de la Secretaría de Estado de Planeamiento. Su funcionamiento esta reglada en la Ley Provincial 5454 y dentro de su funcionamiento se encuentra la Subdirección de Cartografía y SIG, la cual elabora cartografía estadística y la publica en la página oficial de la Dirección.

En esta página, se presenta cartografía de base que es utilizada para los operativos provinciales y nacionales, y cartografía temática elaborada con información socioeconómica relevada en dichos operativos. La información está desagregada a nivel provincial, departamental y de localidad censal y disponible en distintos formatos (mapas, capas y tablas).

Se utilizarán dos capas en formato .shp obtenidas desde la página oficial, donde a su vez se publican los metadatos correspondientes en formato de texto (.pdf).

Se utilizarán shapefile obtenidos de esta fuente: fracciones censales y radios censales. Ambas capas son de tipo vectorial, con sus atributos temáticos completos y tendrán como extensión el departamento Río Segundo. En cuanto a los metadatos, se generaron nuevos archivos en GeoNetwork utilizando el formato pdf existente.

#### Metadato de la capa “radios censales”

<b>Título</b>	Metadato Capa Departamento - Río Segundo - Radio_poly - 2010 - SHP
<b>Fecha de creación de los metadatos</b>	23/04/2014
<b>Resumen</b>	Capa poligonal de límite del Radio, utilizada para el censo nacional de población 2010.
<b>Punto de contacto creador del dato</b>	Arq. Beatriz Restrepo Cúneo
<b>Punto de contacto responsable</b>	Arq. Graciela Zubiati
<b>Tema</b>	Límites

<b>Palabras clave</b>	Límite de Radio
<b>Tipo de representación espacial</b>	Polígono
<b>Formato de distribución</b>	ESRI Shapefile
<b>Escala</b>	1:200000
<b>Extensión geográfica</b>	Izq. 4400445.649 - Der 4515250.100 En 6453391.648 - Su 6536002.228
<b>Sistema de Referencia</b>	WGS 84
<b>Proyección</b>	Posgar 98 Faja 4
<b>URL del recurso</b>	<a href="http://estadistica.cba.gov.ar/Territorio/ProductosyServiciosCartogr%C3%A1ficos/CapasDepartamento/CapasdeDepartamentodeR%C3%ADoSegundo/tabid/651/language/es-AR/Default.aspx">http://estadistica.cba.gov.ar/Territorio/ProductosyServiciosCartogr%C3%A1ficos/CapasDepartamento/CapasdeDepartamentodeR%C3%ADoSegundo/tabid/651/language/es-AR/Default.aspx</a>
<b>Linaje</b>	Capa digitalizada sobre límite departamental de la Dir. Gral. de Catastro
<b>Norma de metadatos</b>	ISO 19115:2003/19139
<b>Perfil de metadatos</b>	Perfil de Metadatos IDERA
<b>Versión de la norma</b>	1.14

Metadato de la capa “fracciones censales”

<b>Título</b>	Metadato Capa Departamento - Río Segundo - Fracción_poly - 2010 - SHP
<b>Fecha de creación de los metadatos</b>	23/04/2014
<b>Resumen</b>	Capa poligonal de límite del fracción, utilizada para el censo nacional de población 2010.
<b>Punto de contacto creador del dato</b>	Arq. Beatriz Restrepo Cúneo
<b>Punto de contacto responsable</b>	Arq. Graciela Zubiati

<b>Tema</b>	Límites
<b>Palabras clave</b>	Límite de Fracción
<b>Tipo de representación espacial</b>	Polígono
<b>Formato de distribución</b>	ESRI Shapefile
<b>Escala</b>	1:200000
<b>Extensión geográfica</b>	Izq. 4400445.649 - Der 4515250.100 En 6453391.648 - Su 6536002.228
<b>Sistema de Referencia</b>	WGS 84
<b>Proyección</b>	Posgar 98 Faja 4
<b>URL del recurso</b>	<a href="http://estadistica.cba.gov.ar/Territorio/ProductosyServiciosCartogr%C3%A1ficos/CapasDepartamento/CapasdeDepartamentodeR%C3%ADoSegundo/tabid/651/language/es-AR/Default.aspx">http://estadistica.cba.gov.ar/Territorio/ProductosyServiciosCartogr%C3%A1ficos/CapasDepartamento/CapasdeDepartamentodeR%C3%ADoSegundo/tabid/651/language/es-AR/Default.aspx</a>
<b>Linaje</b>	Capa digitalizada sobre límite departamental de la Dir. Gral. de Catastro
<b>Norma de metadatos</b>	ISO 19115:2003/19139
<b>Perfil de metadatos</b>	Perfil de Metadatos IDERA
<b>Versión de la norma</b>	1.14

## 5.2 Herramientas utilizadas

### 5.2.1 SIG de Escritorio

Dentro de los diferentes clientes SIG de escritorio, existen tres que por la cantidad de usuarios, trayectoria y funcionabilidad sobresalen sobre el resto: QGIS, gvSIG y ArcMAP. Este último es un software privativo comercializado por ESRI; en cambio los otros dos son de código libre, con el respaldo de una comunidad.

Debido a que el trabajo está orientado a la utilización de software libre, se eligió **QGIS** (anteriormente llamado Quantum GIS), puesto a que poseía dos ventajas frente a gvSIG: Una comunidad de soporte más amplia y una gran cantidad de *plugins*<sup>43</sup>.

Desde la página oficial, se refieren al programa como: “QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License . QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos.”

En cuanto a la versión del software, se optó por la última publicación *2.12.3 Lyon*, ya que cada versión trae aparejado una gran cantidad de errores solucionados y una mayor compatibilidad con diversas aplicaciones, como es el caso de GeoServer.

Los *plugins* utilizados fueron dos:

- GeoServer Explorer: Complemento que permite realizar configuraciones a GeoServer desde la interfaz de QGIS; desarrollado por Víctor Olaya.
- WPS Client: Complemento que permite ejecutar procesos a través del servicio WPS; desarrollado por Horst Duester – Sourcepole AG.

El cliente SIG de escritorio se instaló con dos propósitos principales: La gestión y adecuación de datos geográficos y la utilización de servicios OGC. Adicionalmente, el complemento “GeoServer Explorer” permitió la generación de estilos de capas en formato SLD.

---

<sup>43</sup> Complementos al software que agregan nuevas herramientas o utilidades.



modo puede generarse diferentes bases de datos y asignar determinados usuarios a cada una de ellas.

Su administración puede realizarse desde un navegador web, o utilizando un programa desde una pc remota llamado “pgAdmin III”, con el cual puede agregarse extensiones a una base de datos, visualizarse sus tablas y realizar consultas SQL.

Es importante al momento de la creación de la base de datos en PostgreSQL agregar las extensiones correspondientes de PostGIS (PostGIS y PostGIS topology) para poder cargar elementos con componente geométrica.

Como el objetivo del trabajo es generar un piloto, se utilizará una sola instancia de PostGIS, sobre la cual se generaran tres bases de datos independientes, una para cada fuente de datos publicados.

### 5.2.3 Geoportal

Todos los datos que se publicarán en una Infraestructura de Datos Espaciales, requerirá de un espacio desde el cual pueda acceder a los mismos, encontrar las direcciones a los servicios, consultar los metadatos.

Es por ello que toda IDE posee un geoportal, una página web donde se publican los enlaces a los diferentes software disponibles, desde la cual se accederá al catálogo de metadatos, y a la cual recurrir para encontrar las direcciones a los servicios.

Para el prototipo planteado se utilizará un hosting gratuito llamado Tuars ([www.tuars.com](http://www.tuars.com)). Desde el menú de administración de este servicio podremos configurar nuestra página web. Para el diseño de la misma, se utilizó una plantilla HTML predeterminada, sobre la cual se modificaron ciertos parámetros e imágenes para luego cargar los documentos al hosting y poner en línea el geoportal.

Para acceder a esta herramienta, sólo es necesario ingresar el URL: **[trabajofinal.tuars.com](http://trabajofinal.tuars.com)**

#### 5.2.4 Servidor de Mapas

Para la publicación de los datos se utilizó el software GeoServer, el cual permite ofrecer los principales servicios web con una gran cantidad de complementos.

Al ser un software de código abierto, pudo obtenerse el programa desde su página web en formato .war<sup>44</sup> y desplegarse en el servidor en la nube provisto por Jelastic. Desplegar la aplicación es un proceso sencillo, simplemente se carga el archivo en el interfaz de la nube, se indica el contenedor de aplicaciones donde se instalará, y una subdirección (se utilizó la subdirección */geoserver*).

Se utilizó la versión 2.8.0, puesto a que esta fue la versión más reciente al momento de comenzar a desarrollar el trabajo. Adicionalmente se le instaló una extensión al programa: el servicio WPS. Esto se realizó descargando un conjunto de archivos desde la página oficial y cargando los mismos al servidor de aplicaciones.

El programa permite ingresar ciertos datos básicos de contacto, que servirán para comunicarse con el encargado del software. Los campos a completar incluyen nombre, posición y organización de la persona a cargo, dirección, teléfono y dirección de correo.

#### Espacio de Trabajo

Accediendo a la consola de administración de la aplicación, el primer paso es crear nuevo espacio de trabajo, para ello simplemente hay que introducir el nombre y un URI<sup>45</sup> a nuestra elección.

Desde esta pestaña de configuración se deben habilitar aquellos servicios web que se desee habilitar para este espacio de trabajo. Es posible además incluir información de contacto con el encargado de los datos diferente a la predeterminada (información de contacto del encargado del programa).

---

<sup>44</sup> Web Application Archive o Archivo de Aplicación Web. Es un formato contenedor de una aplicación que puede ser desplegado en un servidor.

<sup>45</sup> Identificador de Recursos Uniformes. Es una cadena de caracteres que identifica un recurso de una red de forma unívoca.

**Editar espacio de trabajo**  
Editar un espacio de trabajo existente

**Nombre**  
rio\_segundo

**URI del espacio de nombres**  
trabajofinal.tuars.com  
El URI del espacio de nombres asociado con este espacio de trabajo

**Espacio de trabajo por defecto**

**Configuración**

**Habilitado**

**Servicios**

- WCS
- WFS
- WMS
- WPS

**Guardar** **Cancelar**

Figura 5.2: Configuración de espacio de trabajo. Fuente: elaboración propia.

## Almacén de Datos

El servidor de mapas requiere que se designe el origen de los datos a publicar. En este caso se accederá a los mismos desde una base de datos espaciales generada con el programa PostgreSQL, más específicamente su extensión PostGIS.

Se deben introducir todos los parámetros de conexión necesarios para el acceso a la base de datos espaciales, y además definir un nombre para el origen de los datos. En este caso se llamará *bd\_rio\_segundo*.

## Publicación de Capas

Una vez que GeoServer tiene acceso a un almacén de datos, habilita la opción de publicar capas. Seleccionando la fuente de los datos, el programa brinda las diferentes capas existentes y ofrece la opción de publicar las mismas.

## Nueva capa

Agregar nueva capa

Puede crear un nuevo feature type configurando manualmente los nombres y tipos de atributos. [Crear nuevo feature type...](#)  
 En bases de datos también puede crear un nuevo feature type configurando una sentencia SQL nativa. [Configurar nueva vista SQL...](#)  
 Esta es una lista de los recursos contenidos en el almacén 'bd\_rfo\_segundo'. Haga click sobre la capa que desea configurar

Publicada	Capa con espacio de nombres y prefijo	Acción
	ejes_calles	Publicación
	parcelas_rurales	Publicación
	parcelas_urbanas	Publicación

**Figura 5.3: Publicación de una nueva capa. Fuente: elaboración propia.**

Cada capa que se desee publicar, debe ser editada previamente. Existen un conjunto de información mínima: Nombre, Sistema de Referencia y Encuadre; sin el cual la capa no puede publicarse.

Adicionalmente, existen diferentes configuraciones que pueden realizarse sobre cada capa, como por ejemplo el estilo de representación (SLD), la habilitación del servicio WMTS (definiendo los niveles de zoom disponibles), existencia de cota, etc.

### 5.2.5 Catálogo de Metadatos

Toda Infraestructura de Datos Espaciales requiere una componente que se encargue de administrar los metadatos. Es decir, necesita de un software que sea capaz de recolectar los metadatos provistos por los diferentes nodos, catalogar los mismos y permitir que los usuarios efectúen consultas.

En este trabajo se utilizó el programa GeoNetwork en su versión 3.0.3. El software se descargó desde la página oficial y se desplegó sobre el contenedor de aplicaciones Java. Sin bien la aplicación posee ciertas funciones de visualización de datos, en el prototipo planteado sólo se utilizará para la gestión de metadatos.

Una vez desplegado en el servidor, la configuración del programa se realizó vía web desde la dirección <http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geonetwork>. El programa dispone de plantillas predeterminadas para la generación de metadatos, sin embargo se generaron nuevas que coincidan con el formato para datos vectoriales establecido por IDERA.

Una gran ventaja del software es la capacidad para recolectar información desde otros servidores, función llamada “harvesting”. Mediante esta herramienta, se conectó el programa a los servicios provistos por GeoServer y automáticamente generó metadatos sobre los servicios y datos vectoriales encontrados.

Esta generación automática se basa en la información provista por GeoServer, por lo que tuvo que modificarse en parte para coincidir con el perfil de metadatos elegido.

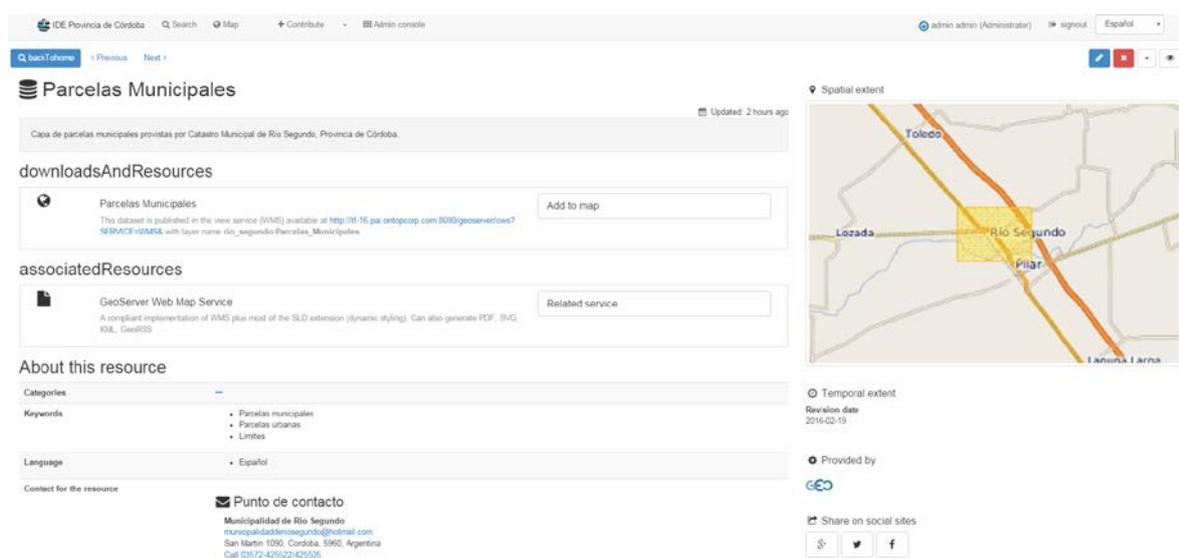


Figura 5.4: Metadato en GeoNetwork. Fuente: elaboración propia.

El programa ofrece diferentes formas de visualización y descarga de los metadatos: pdf, XML, zip, etc. Además posee una interfaz propia que muestra los datos desde el navegador sin la necesidad de descargar un archivo.

### 5.2.6 Visualizador

Para la visualización de los servicios desde un navegador es necesario un programa que pueda consultar servicios OGC y representar los mismos en un cliente de navegación liviano. Para ello se utilizó el software GeoExplorer, una aplicación que permite trabajar diferentes fuentes de datos, entre ellos geoservicios, pero que además funciona como complemento de GeoServer si se encuentra instalado localmente, por lo que no es necesario realizar configuraciones.

El programa posee otras funciones además de la visualización, como por ejemplo la edición de datos vectoriales en el servidor a través del servicio WFS; la consulta por ubicación y por atributos; la medición de distancias; etc. Es decir este programa de visualización funciona de manera similar a como lo hacen muchos clientes SIG en la nube, por supuesto que con mayores limitaciones.

En caso de que el servicio WFS este restringido a ciertos usuarios, es posible registrarse desde GeoExplorer para así poder grabar los cambios en la base de datos.

Una vez que las capas deseadas han sido cargadas, y se eligió el estilo de visualización deseado, la aplicación permite exportar el mapa de dos maneras diferentes: guardar las condiciones actuales (capas encendidas, estilos, ubicación, etc) y genera un URL para recrearlas; o generar un código HTML que permite insertar el mapa en una página web.

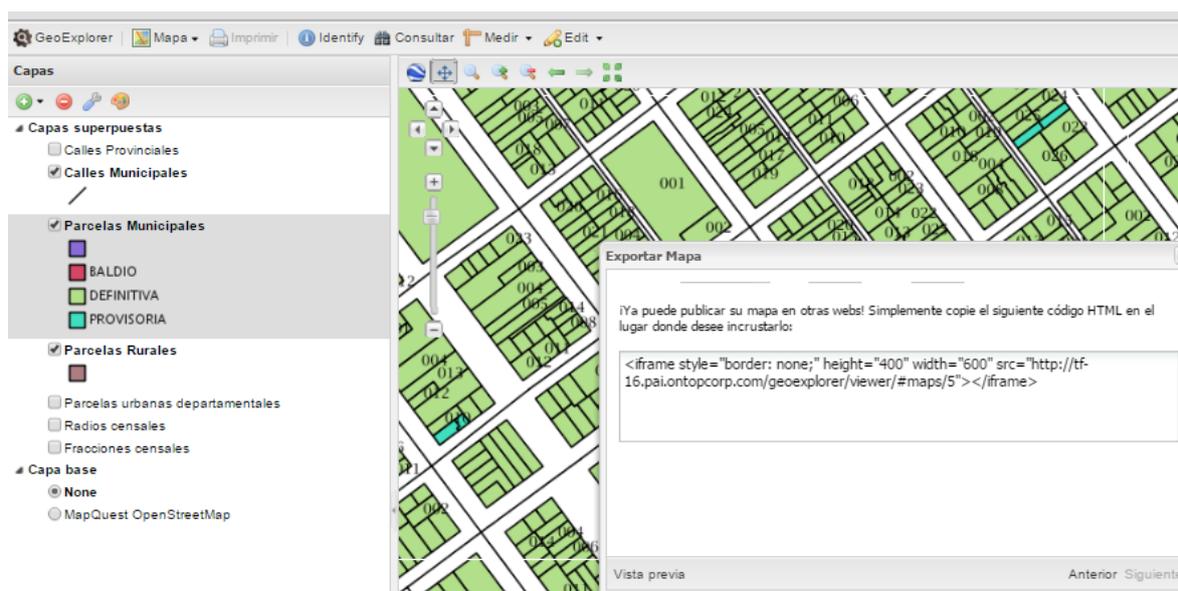


Figura 5.5: GeoExplorer y sus funciones. Fuente: elaboración propia.

### 5.3 Geoservicios utilizados

A lo largo del capítulo se utilizarán no sólo geoservicios brindados por el servidor de mapas instalado, sino también servicios provistos por otras instituciones.

#### 5.3.1 Web Map Service / Web Map Tiled Service

Se utiliza este servicio tanto en el cliente SIG de escritorio como en el visualizador web. Los tres nodos que componen la Infraestructura de Datos Espaciales piloto brindan este servicio. Adicionalmente, se utiliza este estándar para la obtención de datos provenientes de otros organismos, como es el caso del IGN o mapas base de Google.

Este servicio se utiliza con la única finalidad de visualizar datos, aprovechando la simplicidad del estándar y la gran interoperabilidad con respecto a diferentes programas que utilizan este servicio.

#### Capas publicadas con este servicio:

- Calles departamentales
- Calles municipales
- Parcelas urbanas departamentales
- Parcelas urbanas municipales
- Parcelas Rurales departamentales
- Fracción censal
- Radio censal

#### Capas adicionales

- Imágenes satelitales IGN
- Ortofoto IGN
- Mapa base de Google

### 5.3.2 Web Feature Service

Este estándar se utilizó con dos propósitos principales: la descarga de capas vectoriales y la edición de conjuntos de datos vía web. Los tres nodos del piloto brindan el servicio, si bien la operación para modificar la base de datos sólo se utiliza en el nodo de Catastro Municipal.

Este servicio es de gran utilidad si se desean realizar análisis y procesos propios de un SIG de escritorio, pues permite obtener la capa con sus variables temáticas al descargar el archivo en formato gml.

#### Capas publicadas para su descarga:

- Calles departamentales
- Calles municipales
- Parcelas urbanas departamentales
- Parcelas urbanas municipales
- Parcelas Rurales departamentales
- Fracción censal
- Radio censal

#### Capas publicadas para su edición:

- Calles municipales
- Parcelas urbanas municipales

### 5.3.3 Stiled Layer Descriptor

Este estándar complementa al servicio WMS y es de gran utilidad si se utiliza dicho servicio web en un visualizador web, puesto a que la visualización de datos en este entorno queda predefinida por los estilos existentes.

En el caso del servicio WMS en un SIG de escritorio, permite algunas modificaciones en su representación, como por ejemplo transparencia o color. Sin embargo, si se desea visualizar capas según sus atributos temáticos, se requiere de un estilo ya predefinido y existente en el servidor.

Todas las capas publicadas con GeoServer poseen al menos un estilo SLD asignado. Éstos fueron generados utilizando QGIS y su extensión “GeoServer Explorer”.

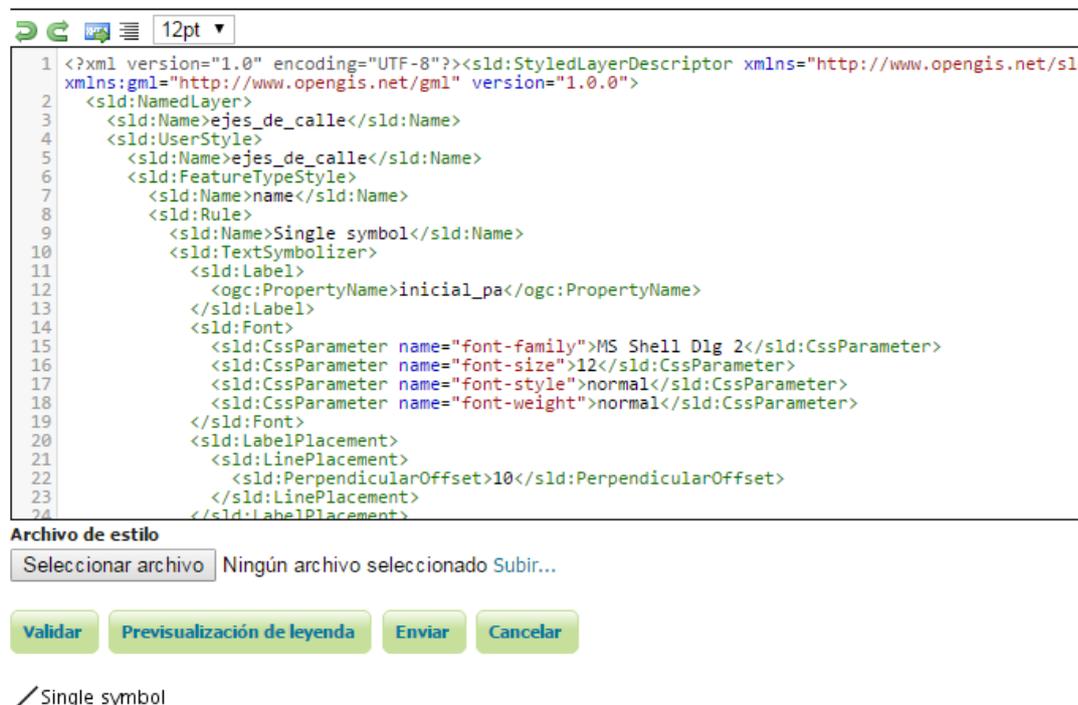


Figura 5.6: Edición de elemento SLD. Fuente: elaboración propia.

### 5.3.4 Web Processing Service

Este servicio, a diferencia de los anteriores, no funciona directamente sobre una capa específica, sino que el servicio requiere que se le indique una capa dentro del servidor (o se cargue una nueva capa) y se elija una operación a realizar.

La existencia de este geoservicio permite que el usuario no requiera de un cliente SIG de escritorio para realizar ciertos procesos de análisis, o si dispone del programa SIG puede utilizar un procesador remoto para sus operaciones, requiriendo así menos recursos en cada PC.

La utilización de este servicio requiere de una solicitud en lenguaje XML, la cual puede ser generada desde una herramienta de GeoServer, desde un complemento de QGIS o de cualquier otra fuente.

La lista de procesos disponibles incluye aquellos más comunes, por ejemplo buffer o intersección; y otros más complejos como un mapa de calor a partir de una capa de puntos.

## 5.4 Aplicaciones

Como objetivos de la prueba piloto, se buscará ejemplificar cuatro casos concretos de aplicación:

1. Generación de cartografía catastral utilizando información provista por tres nodos: Catastro provincial, Catastro municipal e IDERA.
2. Mantenimiento de la base de datos catastral a través de servicios OGC.
3. Acceso a la información a través de recursos en la nube para el acceso de un ciudadano.
4. Publicación de datos provenientes de la Dirección General de Estadísticas y Censos, brindando a su vez servicios de procesamiento (WPS) que permitan realizar operaciones SIG utilizando un servidor remoto.

### 5.4.1 Generación de cartografía catastral

En este caso de aplicación se utiliza el visualizador provisto por la Infraestructura de Datos Espaciales (GeoExplorer) y a partir de capas de tres diferentes nodos dentro de la IDE, además de servicios OGC externos (capa base Google o IGN) se genera un mapa con información catastral de diferentes fuentes y datos provistos por la Dirección General de Estadísticas y Censo.

En esta situación, el cliente sólo requiere un navegador web y una conexión a internet para poder acceder a los datos (puede incluso utilizarse un dispositivo móvil). Adicionalmente, el visualizador le permite realizar consultas espaciales por ubicación e incluso consultas por atributos de las capas utilizadas.

Para acceder al visualizador, el cliente ingresaría en primer lugar al geoportal, desde el cual es redirigido a la aplicación correspondiente. Un ejemplo del mapa con las capas cargadas puede accederse en el siguiente link:

<http://tf-16.pai.ontopcorp.com/geoexplorer/composer/#maps/5>

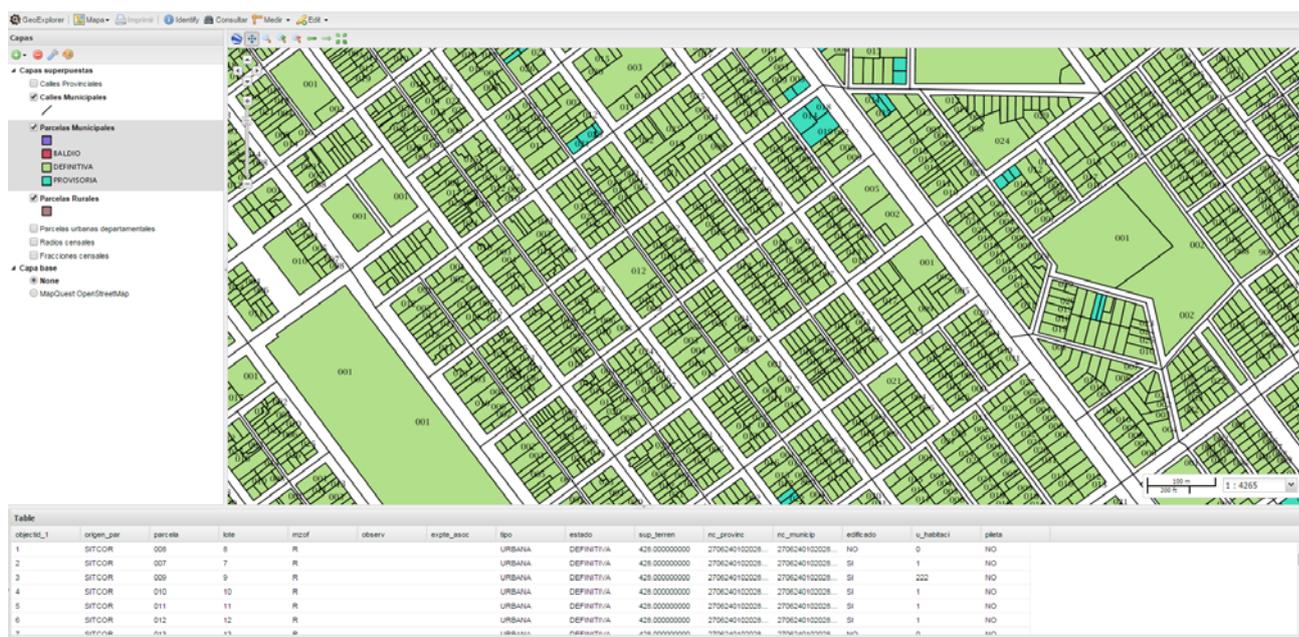


Figura 5.7: Mapa generado con GeoExplorer. Fuente: elaboración propia.

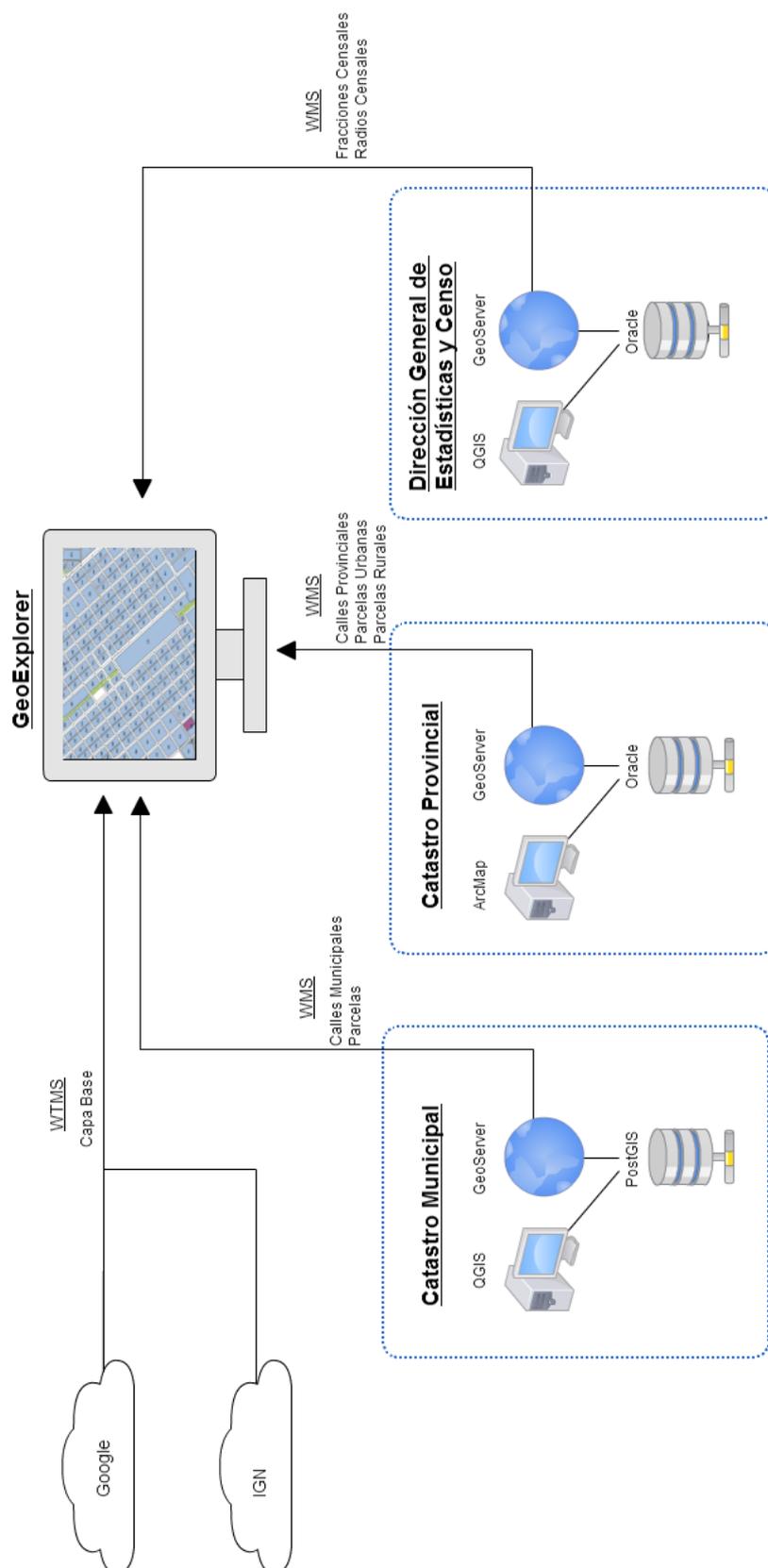


Figura 5.8: Esquema del caso de aplicación 1. Fuente: elaboración propia

### 5.4.2 Mantenimiento de una base de datos

Este caso de aplicación está orientado al mantenimiento de la base de datos catastral utilizando servicios OGC. Esto traería dos ventajas principales para la organización: primero, la posibilidad de editar datos a través de Internet, es decir independencia de la locación de la BD; segundo, el manejo de los datos puede realizarse desde cualquier cliente SIG de escritorio que sea compatible con el servicio WFS, eso incluye programas libres como por ejemplo QGIS.

Para llevar a cabo este proceso, el empleado de Catastro u otra organización a cargo del mantenimiento de la base de datos tendría asignado una clave de acceso a las operaciones de edición del servicio WFS. Accediendo al geoportail, podrá obtener el URL del servicio WFS el cual deberá introducir en su cliente SIG de escritorio (en este caso, QGIS).

Desde el SIG de escritorio se administrará el usuario y clave del encargado y posteriormente se descargara la capa a editar utilizando el servicio WFS. La etapa siguiente de edición es similar al trabajo con cualquier capa proveniente de un shapefile, es decir se habilita la edición, y luego con las herramientas del programa se modifican, generan o eliminan entidades vectoriales. Al finalizar la edición, el programa utilizará el mismo servicio para modificar los cambios en la BD, si el usuario ha sido introducido.

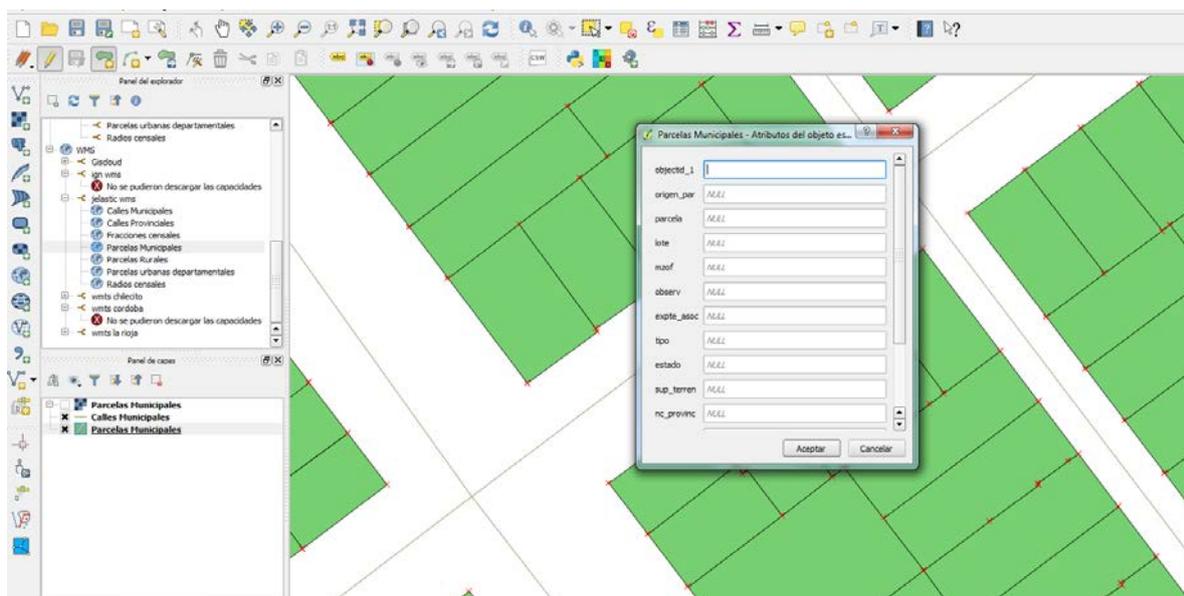


Figura 5.9: Edición de parcelas en QGIS. Fuente: elaboración propia.

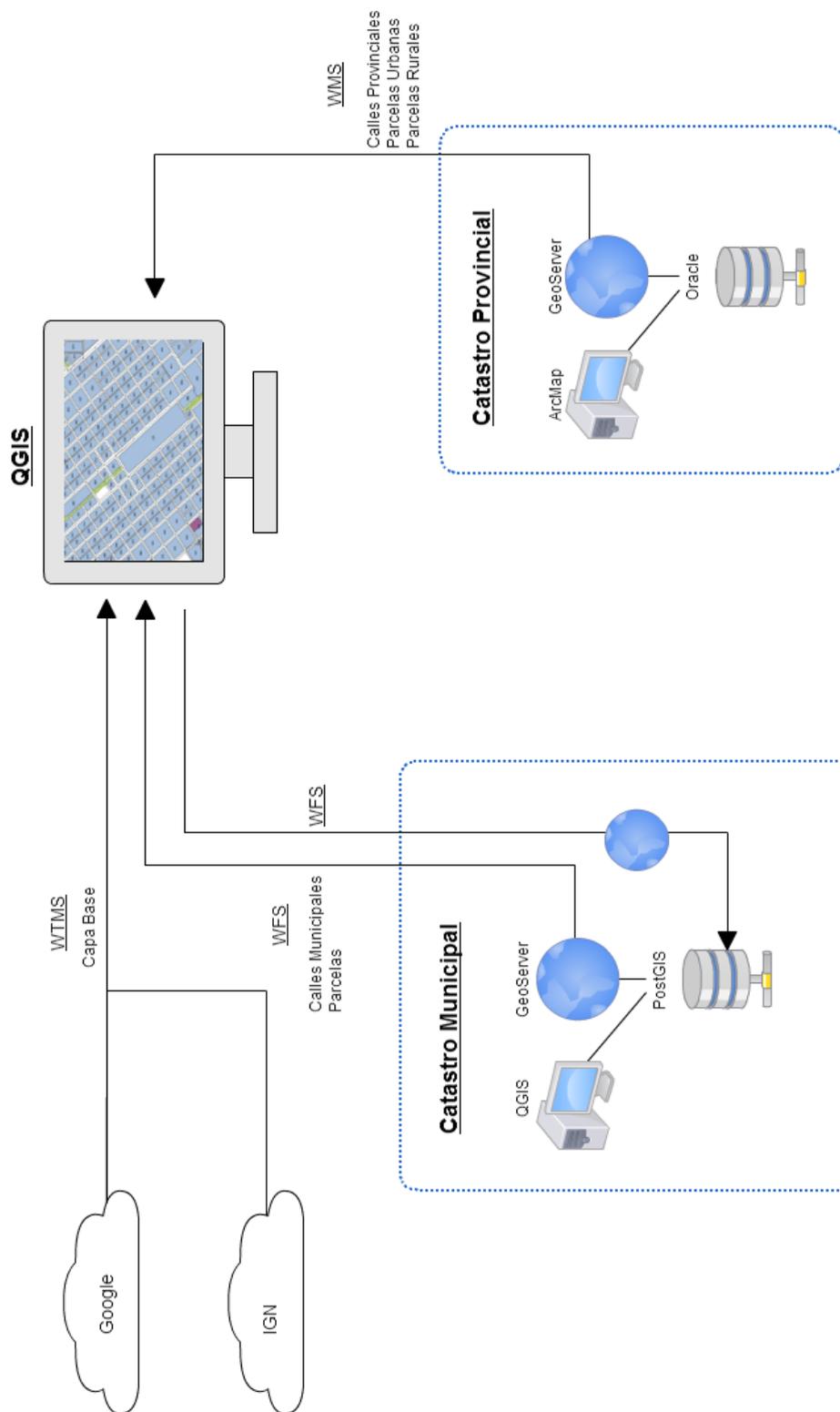


Figura 5.10: Esquema del caso de aplicación 2. Fuente: elaboración propia

### 5.4.3 Acceso a servicios para complementar datos propios

En este caso de aplicación, un usuario que posee datos geográficos propios y utiliza un cliente SIG de escritorio o en la nube, anexa a su colección datos de alguno de los nodos de la IDE piloto a través del servicio WMS o WFS.

Con esto una persona puede complementar sus datos para la generación de un nuevo mapa, o utilizando el servicio WFS agregar datos vectoriales a su conjunto de datos y así poder realizar consultas o análisis espaciales.

Este ejemplo puede presentarse utilizando un dispositivo móvil, por ejemplo un Smartphone, a través de aplicaciones SIG como GIS Cloud, que permiten trabajar con algunas herramientas similares a los clientes de escritorio a través de internet, e incluso a través de una aplicación para un celular.

En la Figura 5.9 se puede observar un mapa en GIS Cloud construido con archivos shapefile, a los que se le anexó dos capas por medio del servicio WFS: calles municipales y parcelas rurales.

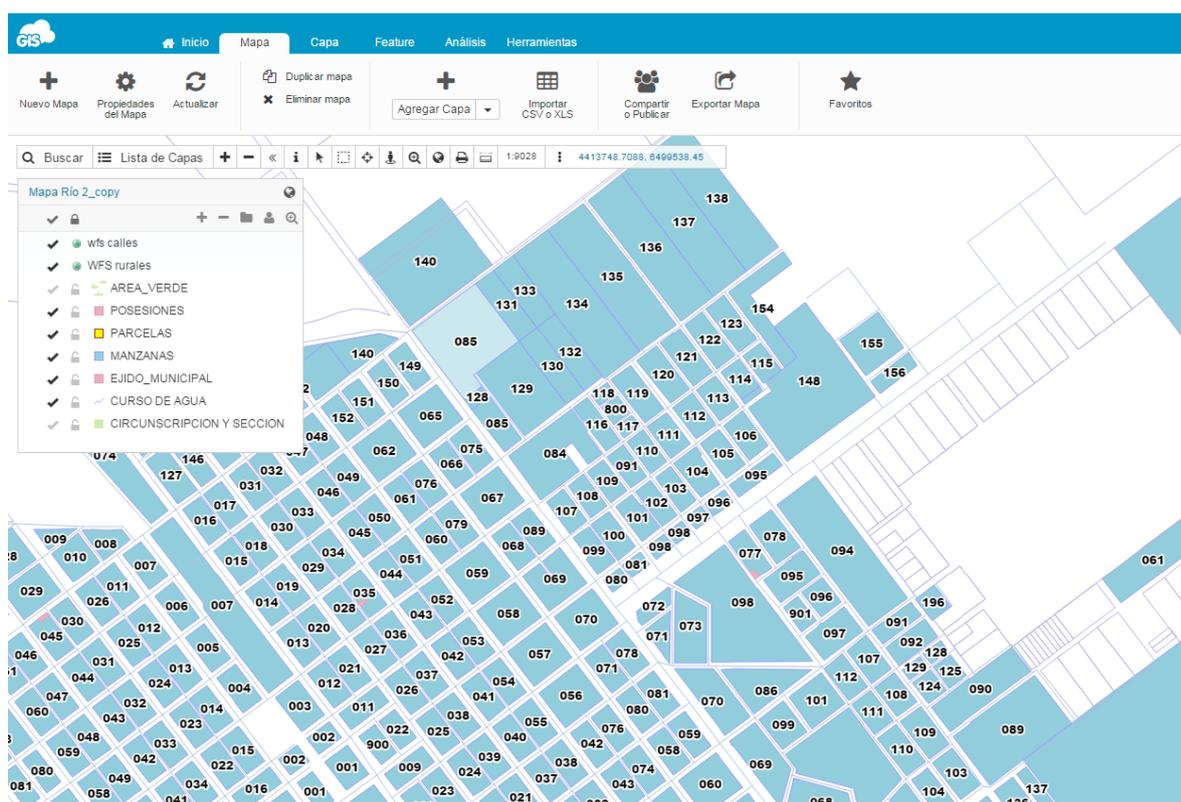


Figura 5.11: Mapa en GIS Cloud con capas WFS. Fuente: elaboración propia

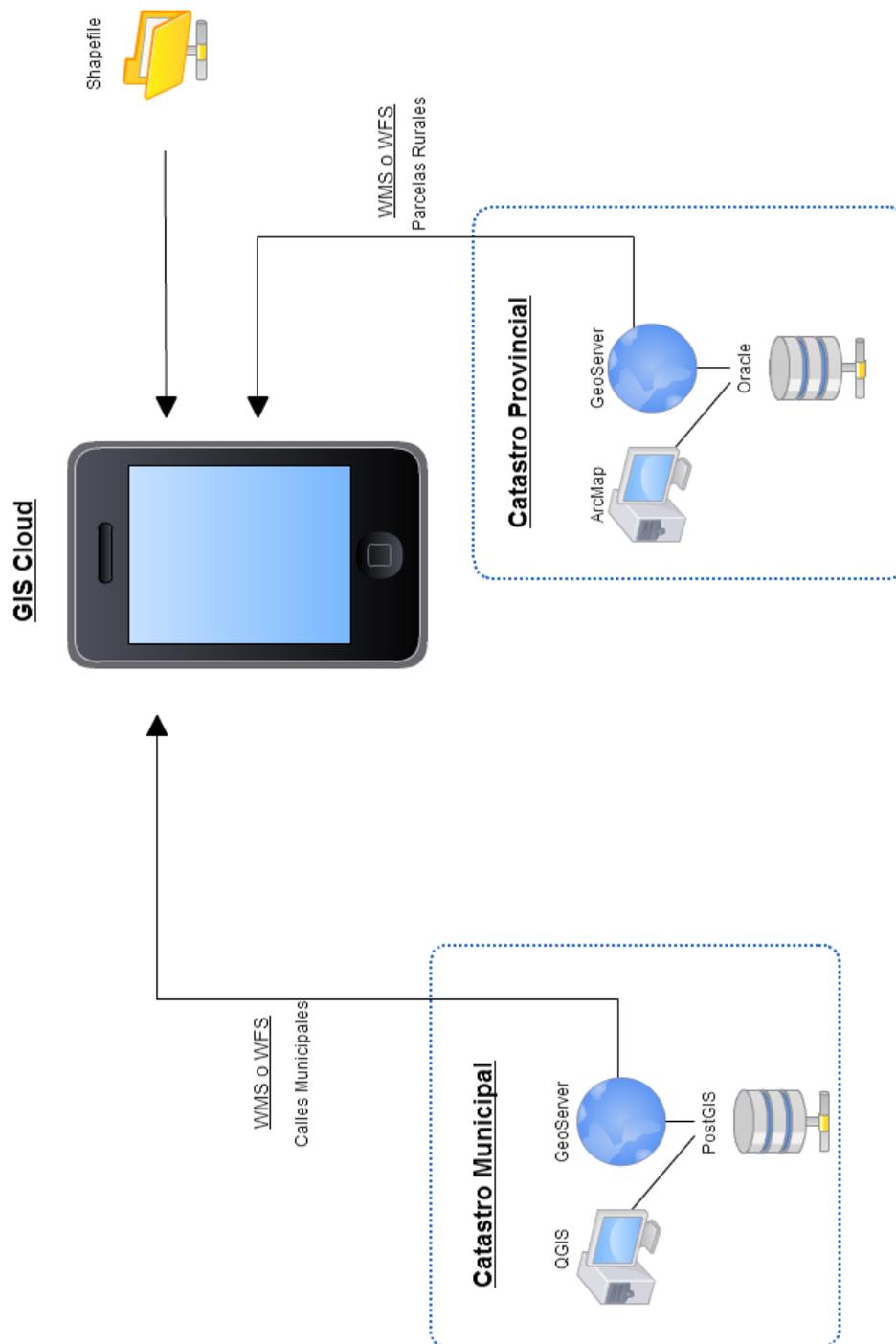


Figura 5.12: Caso de aplicación 3. Fuente: elaboración propia.

#### 5.4.4 Uso del servicio WPS

El último caso de aplicación de este trabajo utiliza el servicio WPS provisto por la IDE piloto. Los datos que se utilizarán se encuentran cargados en el nodo de Catastro Municipal.

Para este ejemplo, el usuario desea obtener aquellas parcelas que poseen pileta, en una zona determinada, la cual se representará por medio de un rectángulo.

Se utilizará como cliente del servicio una herramienta que provee el programa GeoServer, por lo que el primer paso es acceder a la página web de administración a través del geoportal. Luego se seleccionará la herramienta “generador de consultas WPS” desde la cual se ingresarán los parámetros de los procesos a realizar.

Para obtener el resultado deseado serán necesarios dos procesos, uno que seleccione las parcelas dentro de la zona, y otro que indique cuales de ellas no poseen piletas. Una de las ventajas del servicio WPS es la posibilidad de encadenar procesos, con lo cual no es necesario realizar los procesos por separado, sino que se indica dentro de los parámetros del primer proceso, que ejecute internamente un segundo proceso.

Los procesos que utilizaran son los siguientes:

- *Vec:RectangularClip*: Recorta elementos de una capa en un rectángulo espacial especificado. Se debe ingresar las coordenadas del rectángulo, el sistema de referencia y la capa a procesar.
- *Vec:Query*: Genera un nuevo archivo con aquellos elementos que cumplen un o más condiciones establecidas. Se debe ingresar la capa y los filtros deseados.

La cadena de procesos comenzará con *Vec:Query* el cual llamará al proceso *VecRectangularClip*. El resultado se obtendrá formato shapefile, por lo que se comprobará el servicio utilizando QGIS.

Las coordenadas del rectángulo ingresado fueron:

1. X= 4413318 Y= 6498945
2. X= 4414885 Y= 6497828

El sistema de referencia utilizado fue Posgar 98, faja 4 (EPSG:22174).

En la figura 5.13 puede observarse la consulta realizada para obtener las parcelas que poseen piletas en una zona determinada. El subproceso al que se llama, se encuentra codificado en lenguaje XML.

**Elija proceso**

gs:Query (Proces de descripción WPS)

Queries a feature collection using an optional filter and an optional list of attributes to include. Can also be used to convert feature collection format.

---

**Entradas para el proceso**

features\* - SimpleFeatureCollection  
Input feature collection

SUBPROCESS Define/Edit

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?><wps:Execute version="1.0.0"
service="WPS" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns="http://www.opengis.net/wps/1.0.0" xmlns:wfs="http://www.opengis.net/wfs"
xmlns:wps="http://www.opengis.net/wps/1.0.0"
xmlns:ows="http://www.opengis.net/ows/1.1"
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
xmlns:wcs="http://www.opengis.net/wcs/1.1.1"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wps/1.0.0
http://schemas.opengis.net/wps/1.0.0/wpsAll.xsd">
  <ows:Identifier>vec:RectangularClip</ows:Identifier>
  <wps>DataInputs>
    <wps:Input>
      <ows:Identifier>features</ows:Identifier>

```

attribute - String(0-2147483647)  
Attribute to include in output

filter - Filter  
The filter to apply

TEXT text/plain; subtype=cql

pileta="SI"

---

**Salidas del proceso**

result\* - SimpleFeatureCollection  
The filtered feature collection

Generate application/zip

Figura 5.13: Consulta WPS. Fuente: elaboración propia.

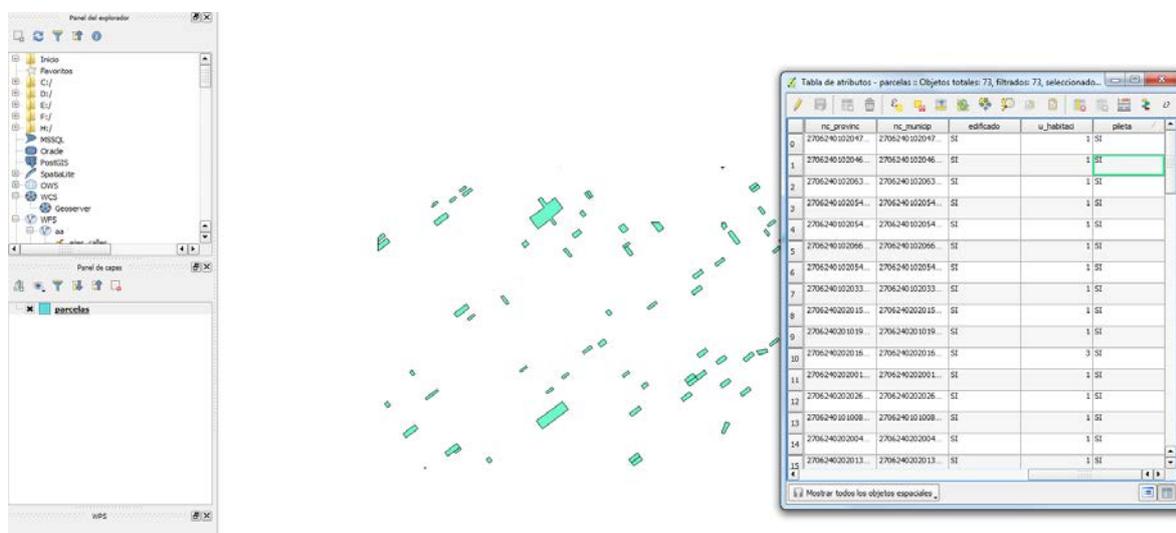


Figura 5.14 resultado WPS. Fuente: elaboración propia.

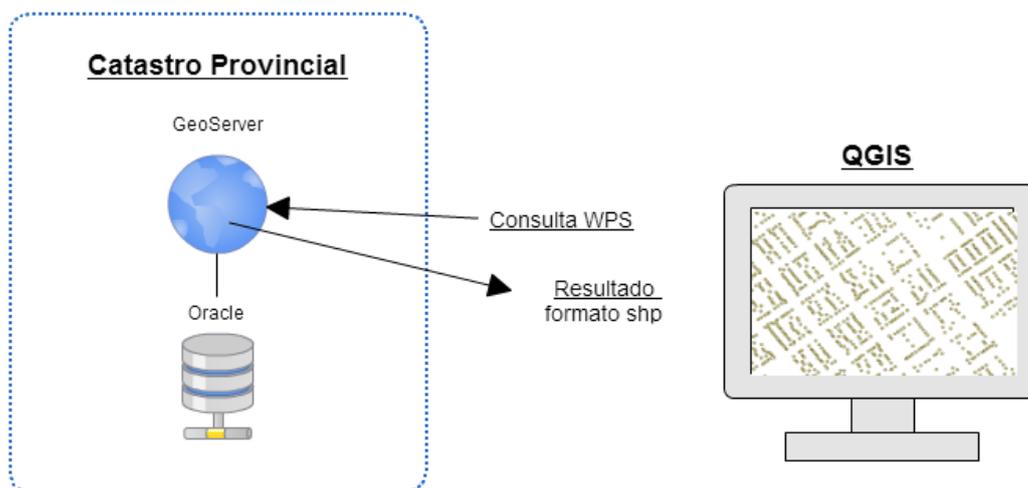


Figura 5.15: Caso de aplicación 4. Fuente: elaboración propia.

## 5.5 Conclusión

El primer desafío al momento de construir un modelo piloto de IDE fue el servidor a utilizar para alojar las herramientas. Por supuesto que el costo del servidor es una variable que afecta en la decisión, pero otro factor influyente es la dificultad para instalar los programas y futuros mantenimientos que el software requiera. En cuanto a éste último aspecto hay una gran variedad de opciones:

- servidores virtuales donde se necesita instalar todo el software del servidor, desde su sistema operativo.
- servidores con plataformas para desarrollos que requieren conocimientos de java y otros lenguajes de programación, como así también programas específicos para la instalación de aplicaciones web
- Servicios en la nube donde se ofrece un contenedor de aplicaciones java, para así poder desplegar aplicaciones web fácilmente. (Este fue el servidor elegido)
- Servicios en la nube con aplicaciones web ya preinstaladas, por ejemplo AcuGIS ofrece un hosting con GeoServer, GeoExplorer y PostGIS ya instalados, o incluso el conjunto boundless completo.

A medida que el hosting provee mayor soporte en cuanto a las aplicaciones a utilizar, el costo se eleva. Sin embargo muchas veces ese costo resulta menor que la contratación de soporte independiente.

Ya con el servidor definido, el resto de etapas: Instalación y configuración de herramientas, gestión de los datos y puesta en funcionamiento; no suponen una gran complejidad para cualquier institución interesada en formar su propio nodo dentro de una IDE. Todas los programas elegidos para este piloto poseen documentación sobre la instalación, configuración y uso de las aplicaciones.

Los mayores inconvenientes que se determinaron en este piloto fueron determinados errores encontrados a lo largo de las pruebas, pues si bien existe documentación sobre el software, no es común encontrar foros u otro tipo de grupos con discusiones sobre problemas particulares y modos de solucionarlos. Un ejemplo de esto ocurrió al momento de ejecutar el servicio WFS con la capa de calles municipales. El nombre de la capa en GeoServer contenía un espacio, lo que producía un error al momento de generar el archivo .gml.

A pesar de los desafíos y problemas encontrados en esta componente de una Infraestructura de Datos Espaciales, no puede atribuirse a esto la causa del lento progreso en el desarrollo de estas herramientas en el país.

El desarrollo de esta investigación implicó un gran esfuerzo, pues la mayor parte de las temáticas abordadas no se encuentran incluidas en el plan de estudios de la carrera. Para abordar correctamente estos aspectos, es necesario tener conocimientos básicos de informática y programación, conceptos generales sobre la documentación de los datos (metadatos) y sobre las Infraestructuras de Datos Espaciales.

Estos aspectos resaltan la necesidad de incluir las temáticas desarrolladas en el cursado, puesto a que este tipo de tecnologías se encuentran en evolución e probablemente serán una parte esencial para el desarrollo profesional de la agrimensura.

## **6. Bibliografía**

- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355-385.
- Benavides, D. I., & Arias Duarte, L. P. (2012). Documentación de la Información Geográfica: Los Metadatos. En M. A. Bernabé-Poveda, & C. M. López-Vázquez, *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales* (págs. 145-154). Madrid: UPM Press.
- Benavides, D. I., & Arias Duarte, L. P. (2012). Documentación de la Información Geográfica: Los Metadatos. En M. A. Bernabé-Poveda, & C. M. López-Vázquez, *Infraestructuras de Datos Espaciales* (págs. 145-154). Madrid: UPM Press.
- Bernabé-Poveda, M., & López-Vázquez, C. (2012). *Fundamentos de las infraestructuras de datos espaciales*. Madrid: UPM Press.
- Butler, H., Daly, M., Doyle, A., Gillies, S., Schaub, T., & Schmidt, C. (16 de Junio de 2008). *The GeoJSON Format Specification*. Recuperado el 08 de Enero de 2016, de GeoJSON: <http://geojson.org/geojson-spec.html>
- Cano, M. Á. (2010). Sistemas Convencionales de Referencia. *X curso GPS en Geodesia y Cartografía*, (págs. 1-43). Montevideo.
- Chorley, R. (1987). *Handling geographic information: report to the Secretary of State for the Environment of the committee of Enquiry into the Handling of Geographic Information*. Londres: HMSO.
- Comite ISO/TC 211. (2013). *Guía de normas*. México.
- Consejo Superior Geográfico de España. (s.f.). *Infraestructura de Datos Espaciales*. Recuperado el 10 de 10 de 2015, de El portal de acceso a la información geográfica en España: <http://www.ideo.es/web/guest/introduccion-a-las-ide>
- García Castro, R. (s.f.). *SlidePlayer*. Recuperado el 03 de Noviembre de 2015, de Máster en Ingeniería Geodésica y Cartografía: <http://slideplayer.es/slide/1716479/#>
- GeoNetwork. (2015). *Geonetwork OpenSource*. Recuperado el 2015 de 11 de 04, de sitio web de geonetwork: <http://geonetwork-opensource.org/>
- Geonetwork. (s.f.). *Geonetwork open source*.
- GeoServer. (2015). *sitio web de Geoserver*. Recuperado el 01 de 12 de 2015, de Geoserver: <http://geoserver.org>
- González Ruiz, A. L. (2014). *Slideplayer*. Recuperado el 01 de Enero de 2016, de <http://slideplayer.es/slide/1715756/>

- Gutiérrez Puebla, J., & Gould, M. (2000). *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Síntesis.
- Gutiérrez, F. V., Malinowski, E., & Rodríguez, A. (2012). Lenguajes Geoespaciales. En M. A. Bernabé-Poveda, & C. M. López-Vázquez, *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales* (págs. 275-286). Madrid: UPM Press.
- Hernández, J. M., & Flores, E. (2012). Características de la Información Geográfica. En M. Bernabé-Poveda, & C. López-Vázquez, *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales* (págs. 69-82). Madrid: UPM Press.
- Hernández, J. M., & Flores, E. (2012). Características de la Información Geográfica. En M. Bernabé-Poveda, & C. López-Vázquez, *Infraestructura de Datos Espaciales* (págs. 69-82). Madrid: UPM Press.
- IDERA. (2015). *Infraestructura de datos espaciales de la República Argentina*. Recuperado el 10 de 11 de 2015, de Sitio web de IDERA: <http://www.idera.gob.ar/>
- IDESF. (2011). *Infraestructura de Datos Espaciales de Santa FE*. Recuperado el 13 de Enero de 2016, de sitio web de IDESF: <https://www.santafe.gov.ar>
- IGAC e IPGH. (Abril de 2011). *Instituto panamericano de geografía e historia*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2015, de <http://metadatos.ign.es/MD-theme/documentos/Perfil%20Latinoamericano%20de%20Metadatos%20-%20LAMP.pdf>
- Iniesto, M., & Núñez, A. (2014). *Introducción a las infraestructuras de datos espaciales*.
- Instituto Geográfico Nacional. (2015). *Sitio web de IGN*. Recuperado el 12 de 12 de 2015, de <http://www.ign.gob.ar/sig>
- Kresse, W., & Fadaie, K. (2002). *ISO Standards for Geographic Information*. Berlin: Springer.
- López Ruiz, A. (2011). *SlidePlayer*. Recuperado el 01 de 01 de 2016, de <http://slideplayer.es/slide/40052/#>
- Maganto, A. S., Pascual, A. R., & Bernabé, M. A. (2012). Componentes de una IDE. En M. A. Bernabé-Poveda, & C. M. López Vázquez, *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales* (págs. 55-66). Madrid: UPM Press.
- Metternicht, G. (2006). Consideraciones acerca del impacto de Google Earth en la valoración y difusión de los productos de georrepresentación. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 1-10.
- Michael, N. (20 de septiembre de 2015). *TopoJSON en github*. Recuperado el 09 de Febrero de 2016, de github: <https://github.com/mbstock/topojson/wiki>

Miranda, V. E. (2013). *Metadatos para el Sistema de Información Territorial (S.I.T.) de Catastro de Córdoba*. Córdoba.

Olaya, V. (2011). *Sistemas de Información Geográfica*.

Open Geospatial Consortium. (19 de 01 de 2005). *OGC making location count*. Recuperado el 03 de 11 de 2015, de Web Map Context: <http://www.opengeospatial.org/standards/wmc>

Open Geospatial Consortium. (2015). *OGC*. Recuperado el 10 de 10 de 2015, de sitio oficial del OGC: <http://www.opengeospatial.org/>

OpenLayers. (2015). *OpenLayers 3*. Recuperado el 11 de Enero de 2016, de Sitio web de OpenLayers: <http://openlayers.org/>

Sierra, A. J. (2013). GeoJSON y TopoJSON: comparación entre los formatos de intercambio de Información Geográfica alternativos a GML. *Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales, Toledo*.

World Wide Web Consortium. (2015). *HTML, the web's Core Language*. Recuperado el 11 de 10 de 2015, de <http://www.w3.org/html/>

## **7. Anexos**