

# MODERNIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS EN COLOMBIA

## Soluciones de Software para la Gestión de los Datos en el marco del Catastro Multipropósito y de la ICDE

Versión 1.0

Para:



Proyecto

Modernización de la  
Administración de Tierras  
en Colombia

Atención:	Kaspar Eggenberger	<a href="mailto:kaspar.eggenberger@bsf-swissphoto.com">kaspar.eggenberger@bsf-swissphoto.com</a>
CC:	Nicole von Reitzenstein:	<a href="mailto:nicole.vonreitzenstein@seco.admin.ch">nicole.vonreitzenstein@seco.admin.ch</a>
	Natalia Mayorga:	<a href="mailto:natalia.mayorga@eda.admin.ch">natalia.mayorga@eda.admin.ch</a>

Autores:	Equipo técnico de Proyecto	<a href="mailto:lorenz.jenni@bsf-swissphoto.com">lorenz.jenni@bsf-swissphoto.com</a>
Fecha:	9 de septiembre de 2016	


## Índice de Contenido

<b>Abreviaturas</b>	<b>4</b>
<b>Resumen Ejecutivo</b>	<b>5</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>6</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>6</b>
<b>3. Presentación de las Soluciones</b>	<b>8</b>
3.1 Solución sobre software privativo	10
3.2 Solución sobre software libre	10
3.3 Solución híbrida sobre licenciamiento mixto	11
3.4 Comparación de las soluciones	11
3.4.1 <i>SGBDR</i>	11
3.4.2 <i>Extensiones espaciales</i>	14
3.4.3 <i>Publicación de Geoservicios Web</i>	17
3.4.4 <i>SIG de escritorio</i>	20
3.4.5 <i>Servidor de metadatos</i>	22
<b>4. Discusión</b>	<b>23</b>
<b>5. Conclusiones</b>	<b>26</b>
<b>6. Referencias</b>	<b>30</b>



## Versiones y Revisión del Documento

Versión	Descripción Versión	Elaboración	Fecha
0.1	Versión para comentarios interno al proyecto	Víctor M. Bajo	04.07.2016
1.0	Introducción, ajustes, formato, introducción y resumen	Lorenz Jenni, Víctor M. Bajo	09.09.2016

Revisado por	Aprobación AI (firma)	Versión	Fecha
Kaspar Eggenberger	 Kaspar Eggenberger	1.0	09.09.2016

## Abreviaturas

AI	Agencia de Implementación del Proyecto
API	Application Programming Interface
BAUnit	<i>Basic Administrative Unit</i> (clase principal del paquete administrativo ISO19152)
BD	Base de Datos (alfanumérica)
BDG	Base de Datos Geográfica
CIAF	Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica
CTN	Comité Técnico de Normalización de la ICDE (CTN028)
DBF	<i>dBase File Format</i>
DDL	<i>Data Description Language</i>
FOSS	<i>Free and Open Source Software</i>
GDB	<i>Geodatabase</i>
HW	<i>Hardware</i>
ICD	Infraestructura Colombiana de Datos
ICDE	Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
IDE	Infraestructura de Datos Espaciales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JDK	<i>Java Developer Kit</i>
LADM	<i>Land Administration Domain Model</i>
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
RRR	<i>Rights Restrictions and Responsibilities</i> (clase del paquete administrativo ISO19152)
SDK	Software Developer Kit
SECO	Secretaría de Estado para Asuntos Económicos de Suiza
SGBDR	Sistema de Gestión de Base de Datos Relacionales
SIG	Sistema de Información Geográfica
TdR	Términos de Referencia
TIC	Tecnologías de la Información y de la Comunicación
UML	<i>Unified Markup Language</i>
URT	Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas
UV	Unidad de Atención y Reparación Integral a las Víctimas
WCS	<i>Web Coverage Service</i>
WFS	<i>Web Feature Service</i>
WFS-T	<i>Web Feature Service Transactional</i>
WMS	<i>Web Map Service</i>
WMTS	<i>Web Map Tile Service</i>
WPS	<i>Web Processing Service</i>



## Resumen Ejecutivo

El presente documento trata de establecer una base de conocimiento sobre las distintas soluciones de software para la gestión de datos para la administración de tierras en Colombia. Para eso se identifican las distintas soluciones que pueden utilizarse, considerando las posibles combinaciones de software privativo y software libre.

La información que se da en el documento no pretende ser exhaustiva. Más bien se centra en aquel software privativo que las instituciones vienen utilizando y para el que tienen licencias, o pueden tenerla ampliando los contratos con las empresas de software con las que ya trabajan. Estas opciones se confrontan con una solución de software libre, considerada como la más potente. Se debe asumir, por tanto, que hay otras soluciones a parte de las aquí discutidas, pero son desechadas bien por ser software privativo no usado tradicionalmente en las instituciones o por no ser suficientemente capaz, o bien por ser software libre que no cubre todos los aspectos necesarios considerados en el marco del proyecto.

El objetivo del documento es hacer visible la relevancia del tipo de licenciamiento en la sostenibilidad a largo plazo de un proyecto de importancia estratégica para el país. Sin embargo, dada la larga tradición en las instituciones nacionales del uso de tecnologías de la información para la gestión de la información ligada al territorio, no se quiere olvidar también que, al menos a corto plazo, en materia de programas informáticos, son muy importantes los contratos o licencias ya en uso, así como la base técnica que ya se tiene.

En conjunto, puede observarse que, por diversos motivos, la sostenibilidad a largo plazo se logra en mejores condiciones con el software libre, dada la calidad y madurez que ha alcanzado, específicamente en el campo de las bases de datos y de los SIG.

Bogotá, 09 de septiembre de 2016



Lorenz Jenni, equipo técnico de Proyecto

lorenz.jenni@bsf-swissphoto.com



## 1. Introducción

El objetivo del presente documento es proveer información técnica de referencia que apoya principalmente a las entidades involucradas en la Gestión de Datos del Catastro Multipropósito, en la toma de decisiones sobre las soluciones de software y plataformas a emplear.

Las soluciones que se están discutiendo toman en cuenta tres diferentes modalidades de licenciamiento: (i) una basada totalmente en software privativo<sup>1</sup>, (ii) otra totalmente en software libre<sup>2</sup> y (iii) una tercera híbrida con una mezcla de ambos tipos de licenciamiento.

Es importante que en el momento de la toma de decisión se consideren - además de la información presentada - otros aspectos del nuevo concepto del Catastro Multipropósito, como por ejemplo la interoperabilidad de los datos a través de un Nodo Temático de la ICDE para la Administración de Tierras<sup>3</sup>.

Aunque el documento está principalmente dirigido a las entidades involucradas en la Gestión de Datos del Catastro Multipropósito, como el IGAC, la Superintendencia de Notariado y Registro (SNR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y los Catastros Descentralizados, otros actores gestores de datos y nodos de la ICDE también están invitados a aprovechar la información presentada para sopesar las distintas opciones, en las que se ha tenido en cuenta el software y licencias que, normalmente, se usan a nivel institucional nacional.

Dada la dinámica en el desarrollo de las plataformas relacionadas al tema GIS, tanto bajo licencias privativas como libres, el presente documento es considerado “vivo”, es decir se actualizará en la medida de la evolución de los productos existentes en el mercado.

Por el alcance del Proyecto en cuanto a desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas y sistemas - no solo en el marco del área temática de apoyo a los pilotos de catastro multipropósito, sino también para el fortalecimiento de la ICDE o la implementación de un modelo de gestión catastral delegado al nivel territorial, etc. - los aspectos de selección de soluciones y plataformas es clave. Aunque el Proyecto por razones obvias no puede prescribir a una entidad el uso de una determinada tecnología, lo que se intenta hacer es apoyar a estas instituciones en el proceso de la toma de decisiones, con base en argumentos técnicos sólidos y bajo un enfoque de sostenibilidad de la inversión que se realiza.

## 2. Antecedentes

El Proyecto Modernización de la Administración de Tierras en Colombia, financiado por la Cooperación Suiza (SECO) e implementado por la Agencia de Implementación (AI)<sup>4</sup>, provee asistencia técnica a las entidades con competencia en la implementación del catastro multipropósito y políticas de tierras, y tiene como objetivo establecer las bases conceptuales y tecnológicas para

<sup>1</sup> Desde <http://www.gnu.org/philosophy/categories.es.html> se usa el término “privativo” en español para todo el software que no es libre. Es un término también aconsejado por Miguel de Icaza, creador del entorno de escritorio GNU/GNOME. En general, es un término preferido al de “software propietario”, dada la incorrección de la expresión en español (el software no puede ser propietario, si no propiedad), proveniente del inglés.

<sup>2</sup> Los niveles de libertad de las licencias de software tienen diferentes niveles de restricción para ser considerados libres, en función de la posibilidad de incluir o no software privativo o de niveles de licencia más restrictivos, la posibilidad de ser redistribuido. Sus categorías se describen en el enlace de la nota anterior y van pueden ser GNU/GPL, BSD, Free BSD, *Copyleft* y un largo etcétera.

<sup>3</sup> No por confundirse con el “Nodo de Tierras” propuesto por la URT y el Proyecto PRTDR de USAID, que en concepto es un bus de datos para el intercambio de datos en el marco de la Ley 1448 [1]

<sup>4</sup> Con un plazo de ejecución hasta finales de 2019



una exitosa realización de la visión gubernamental para la administración de tierras, descrito en la Ley 1753 de 2015 (Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018).

Las áreas temáticas del proyecto comprenden:

- Apoyo a la construcción del Nodo de Administración de Tierras en el marco de la ICDE
- Apoyo al desarrollo e implementación de la figura del agrimensor certificado y técnico catastral
- Asistencia técnica a IGAC y SNR durante la ejecución de los pilotos de catastro multipropósito liderados por el DNP
- Apoyo al proceso de delegación de competencias en materia catastral e implementación de nuevos modelos de gestión de los catastros multipropósito
- Apoyo al mejoramiento de la interrelación catastro - registro
- Apoyo a la adecuación del marco de referencia geodésico y proyección para el contexto de la administración de tierras eficiente.

Los socios directos del proyecto son el Ministerio de Agricultura con la Agencia Nacional de Tierras (ANT), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Superintendencia de Notariado y Registro (SNR) y la Unidad de Restitución de Tierras (URT). Los Catastros Descentralizados a nivel de los Gobiernos Departamentales también juegan un papel importante en el desarrollo del Proyecto.



### 3. Presentación de las Soluciones

Las soluciones se presentan en tres categorías, denominadas según el tipo de licenciamiento. Todas las soluciones contarán con una herramienta de gestión y publicación de metadatos. Las dos que se comentarán tienen licencia libre. Por ello, cuando aquí se habla de licencias puras de software privativo, se hace al margen de las consideraciones sobre el software de gestión de metadatos, que en todo caso será de licenciamiento libre. La consideración, por tanto, del tipo de licenciamiento, se hace al margen de este tipo de elemento de las soluciones.

Tabla 1: categoría de las soluciones presentadas

#### ***Categoría solución sobre software privativo***

Las soluciones sobre software privativo<sup>1</sup> se basan en aquellas con las que, con cierta tradición, viene trabajando el IGAC, así como otras instituciones nacionales y de las que, actualmente, se dispone de licencia en las mismas. Estas soluciones pasan por las siguientes marcas comerciales:

- ESRI, como solución GIS integral.
- ORACLE, como solución para el almacenamiento y gestión de datos, incluyendo su componente espacial.

#### ***Categoría solución sobre software libre***

En cuanto a software libre<sup>2</sup>, que también puede ser citado como FOSS<sup>5</sup>, se estudia la opción más desarrollada y de máximo prestigio en el mercado, sin entrar a compararla con otras de licenciamiento similar que, *a priori*, se consideran menos desarrolladas. Se va a considerar el conjunto:

- Quantum GIS como GIS de escritorio, el SGBDR de PostgreSQL con la extensión para datos espaciales PostGIS, Geoserver como servidor de datos espaciales.

#### ***Categoría solución híbrida***

La solución híbrida que se propone, está basada en una mezcla de licenciamientos de ambos tipos para los distintos elementos de software.

Las soluciones más adelante propuestas se basan en un entorno distribuido, construido bajo los parámetros de la denominada arquitectura Cliente/Servidor, consistente en que una aplicación cliente se conecta a un servidor, el cual contiene la aplicación y los datos. La aplicación cliente tiene como misión fundamental construir la interfaz de usuario, recibir sus peticiones, hacerlas llegar al servidor y recibir de este las respuestas, presentándolas de nuevo en la interfaz de usuario, reconstruyéndola en la medida en la que sea necesario.

Por su parte, el servidor tiene la misión de ejecutar la lógica de negocio, esto es, el conjunto de funciones de software que se encargan de recibir las peticiones, consultar los datos y devolver las respuestas al cliente. En esta arquitectura genérica, el grueso de la carga de trabajo recae en el servidor.

Bajo la arquitectura Cliente/Servidor, las soluciones de software se componen de los elementos básicos que pueden verse en la Figura 7.

<sup>5</sup> Abreviatura del inglés “Free and Open Source Software” (software libre y de código abierto), es un término que pretende ser neutro ante las dos ideas (libre y código abierto).



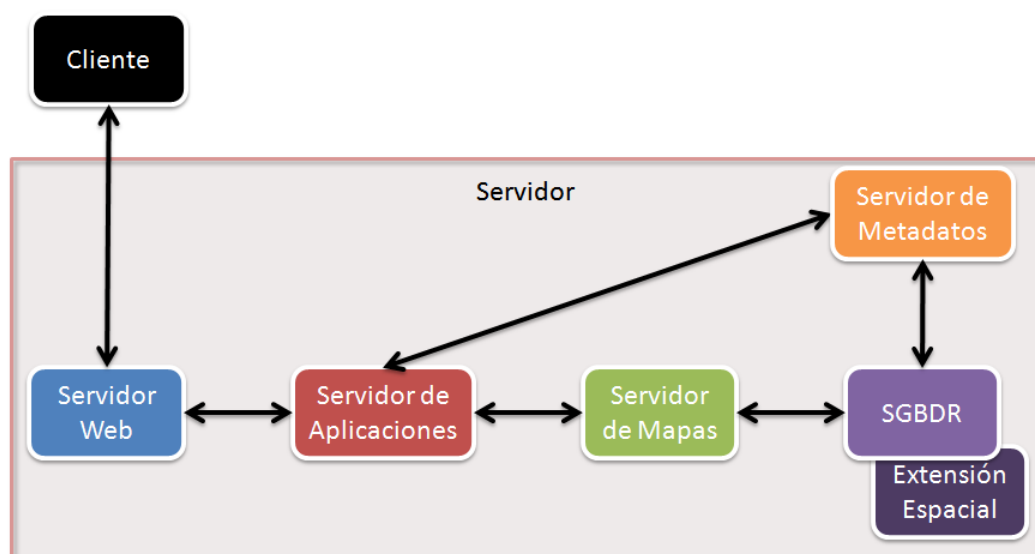


Figura 1: Componentes de software - Visión general

Desde un punto de vista físico, los elementos que forman el lado servidor del entorno distribuido, pueden ser servidores físicos, donde el servidor reside en una máquina física dedicada en exclusividad; o un servidor lógico, lo que significa que en una misma máquina física residen varios sistemas servidores, cada uno con su dirección lógica y los elementos de la máquina compartidos.

Los componentes básicos de las soluciones de software son los siguientes:

- **Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacionales (SGBDR):** En este servidor se almacenan los datos de la solución de software. Debe proporcionar herramientas para la gestión de los datos. Los sistemas informáticos modernos que constituyen esta parte de la solución, cuentan además con herramientas para mejorar el rendimiento en el trabajo con los datos, como es el caso de la indexación.

Como elemento esencial de las soluciones propuestas, y dado que se trabaja con una componente espacial de los datos, el SGBDR debe contar con una extensión espacial, cuya función es la de extender las funciones SQL con las que cuenta la base de datos, bien sea mediante ampliaciones de este lenguaje o bien mediante personalizaciones a nivel de lógica de negocio, que permita explotar los datos de carácter espacial de forma especializada, pudiendo descubrir relaciones de carácter espacial.

- **Servidor de Mapas:** Este componente publica la componente espacial de los datos a través de la web. Generalmente se realiza a través de distintos estándares, pero el software privativo suele utilizar métodos propios de publicación.
- **Servidores Web:** Su función fundamental es la de exponer las conexiones del servidor hacia la red, bien sea esta externa o interna, a través del protocolo HTTP la mayoría de las veces. Es independiente del lenguaje de desarrollo sobre el que funcionan las aplicaciones.

En lo que se refiere a los dos componentes anteriores, no se entrará en detalle, salvo cuando sea imperativo el uso de alguno de ellos, de tal forma que suponga una característica restrictiva.

- **Servidor de Aplicaciones:** Este componente tiene como función exponer la funcionalidad específica creada para servir los datos al cliente, es decir, exponer la lógica de negocio. Este servidor de aplicaciones está relacionado con la tecnología de desarrollo con la que se construyen las aplicaciones, de tal forma que con aplicaciones desarrolladas con tecnología .NET

se utiliza para su despliegue *Internet Information Server* (IIS), mientras en aplicaciones desarrolladas con tecnología Java suele usarse JBoss AS o alguna de los productos de Tomcat.

- **Servidor de Metadatos:** Este componente permite publicar datos sobre los datos gestionados por la entidad, que constituyen las características de cada uno de ellos, permitiendo búsquedas personalizadas y pudiendo así encontrar datos de forma rápida. Se trata de un elemento esencial en el entorno de una IDE.
- **Cliente:** La aplicación cliente, que como se ha indicado es la responsable de proporcionar la interfaz al usuario y comunicar a este con el servidor, puede ser de dos tipos:
  - **Cliente ligero:** se trata de una aplicación que construye el entorno para la ejecución de una aplicación web. Esto es, crea el entorno básico, se comunica con el servidor de aplicaciones y ejecuta la aplicación que allí reside, la cual envía los elementos para la construcción de la interfaz (html, junto con los scripts necesarios) que permita la comunicación entre las funcionalidades de la aplicación y el usuario. Básicamente se trata de un explorador web, aunque puede tratarse también de una aplicación de escritorio con la funcionalidad mínima para comunicarse con el servidor.
  - **Cliente pesado:** se trata de una aplicación creada para una serie de fines determinados, entre cuyas funcionalidades se encuentran las de explotar los datos residentes en el servidor. En el caso que ocupa al presente documento, sería el caso de QGIS conectado a un conjunto de datos con componente espacial, bien a través de servicios de mapas publicados o bien, directamente, conectado a la base de datos espacial, a través de la red interna o de una RPV.

### 3.1 Solución sobre software privativo

Esta solución se basa, principalmente, sobre los componentes de software provistos por las marcas ESRI y Oracle:

- Oracle junto a *ArcGIS for Server Basic Edition Enterprise Level*<sup>6</sup> como SGBDR y extensión espacial, respectivamente.
- *ArcGIS for Server Standard Edition* como servidor de mapas. Probablemente, bastaría con la edición Standard, dado que la diferencia básica entre *Standard Edition* y la *Advanced Edition* es la capacidad de este último para realizar análisis espacial.
- Por último, como software de escritorio, el componente a utilizar sería *ArcGIS for Desktop*, líder en el mercado GIS mundial, especialmente en los entornos corporativos, pero cuyo costo no siempre queda justificado desde el punto de vista de la funcionalidad necesitada por el usuario final.

### 3.2 Solución sobre software libre

La solución de software libre, aunque puede haber otras, se basa sobre los siguientes componentes:

- PostgreSQL y PostGIS como componentes para la gestión de datos alfanuméricos y espaciales mediante un SGBDR y su extensión espacial.
- Geoserver como servidor de mapas.
- Geonetwork como servidor de metadatos

---

<sup>6</sup> *ArcGIS for Server Basic Edition Enterprise Level* es el software tradicionalmente conocido como ArcSDE corporativo. En este texto puede aparecer denominado de una u otra manera.

- QGIS como componente de escritorio para la explotación de datos con componente espacial. Se trata, en este caso, del líder en soluciones GIS de escritorio de software libre, tanto en actividad de la comunidad como en cantidad de funcionalidades y capacidades desarrolladas.

### 3.3 Solución híbrida sobre licenciamiento mixto

Esta alternativa tiene varias variantes, según los elementos que se licencien de una u otra manera. Así, considerando las licencias con las que cuenta el IGAC, las soluciones alternativas podrían ser alguna de las siguientes

- SGBDR PostgreSQL, con extensión espacial de ArcSDE, junto con ArcGIS for Desktop como herramienta de escritorio para la explotación de datos espaciales. Como servidor de mapas puede ser usado, indistintamente, ArcGIS for Server o Geoserver.
- SGBDR PostgreSQL, con PostGIS como extensión espacial y ArcGIS for Desktop como herramienta cliente. Como servidor de mapas se debería usar Geoserver.
- SGBDR Oracle, ArcSDE como extensión espacial, QGIS como cliente de escritorio.
- SGBDR Oracle y Oracle Spatial como extensión espacial. Como servidor de mapas podría hacerse uso de MapViewer sobre Oracle Application Server, ya que permite la publicación de servicios web de mapa. Como cliente pesado podría usarse QGIS, aunque también existen métodos para que ArcGIS for Desktop pueda ser cliente en una conexión de datos sobre una base de datos espacial almacenada sobre Oracle Spatial.

### 3.4 Comparación de las soluciones

Lo que se pretende en este apartado no es una discusión de gran calado técnico sobre las diferencias de rendimiento entre componentes de las soluciones, si no establecer las bases de conocimiento para, posteriormente, analizar los pros y los contras de cada solución y, posiblemente, concluir de forma argumentada cual puede ser la mejor solución en opinión de los autores del presente documento.

#### 3.4.1 SGBDR

En las soluciones presentadas las alternativas para el Servidor de Bases de Datos son Oracle y PostgreSQL.

La primera diferencia entre ambas es el tipo de licenciamiento, privativo con “Copyright” para la primera, “The PostgreSQL License” para la segunda; un tipo de licencia libre permisiva o poco restrictiva, por lo que para los puristas del software libre sería de tipo “código abierto” y no “software libre” propiamente dicho. Esto, evidentemente, tiene incidencia en los precios de la siguiente manera:

- Oracle tiene un costo de licencia en torno de 47.500 USD<sup>7</sup>; para *Oracle Database Enterprise Edition* el costo es variable en función del número de procesadores, ya que este precio es por cada uno de ellos. El costo de licencia de actualización de software y el soporte técnico suman otros 10.450 USD<sup>7</sup> totales, como costo fijo.
- Por otra parte, el costo de licencia de PostgreSQL, así como los de actualización es 0. El costo del soporte técnico es variable, pudiendo ser desde costo 0, en el caso en el que se considere suficiente la información con la que se cuenta en Internet, hasta un costo que dependerá de la empresa con la que se contrate un soporte técnico, generalmente a medida y escalable, en base

<sup>7</sup> <http://www.oracle.com/us/corporate/pricing/technology-price-list-070617.pdf>

al nivel de soporte que se necesite, que podrá variar desde atención telefónica a asistencias técnicas presenciales, pasando por formación o paquetes de software o de servicios. Estos costos tienen variaciones muy marcadas, desde unos cientos de € por asistencias de hasta 5 h/mes de lunes a viernes en horario laboral, a algunos miles por 10 h/mes<sup>8</sup> en cualquier momento, pudiéndose llegar a precios de órdenes de magnitud similar al total de la licencia de Oracle<sup>9</sup> por un soporte que puede incluir formación, técnicos dedicados a las necesidades de la empresa, etc.

Ambos SGBDR son independientes, prácticamente del Sistema Operativo, y los dos funcionan sobre diferentes versiones de Unix (Unix, HP-UX, OS X y Solaris en el caso de PostgreSQL; AIX, HP-UX, OS X, Solaris y z/OS en el caso de Oracle), sobre Linux, sobre Windows y, en el caso de PostgreSQL, también sobre diferentes versiones de BSD.

En cuanto a rendimiento, herramientas de administración y seguridad e integridad de los datos, son dos sistemas con capacidades parecidas, aunque pudiera dar la impresión de lo contrario. Tanto es así, que hay grandes multinacionales trabajando con uno u otro SGBDR para gestionar sus datos corporativos (por ejemplo, Google y Facebook trabajan sobre Oracle; mientras USAID, Apple o Skype lo hacen sobre PostgreSQL).

Algunos datos para conocer el rendimiento que puede llegar a alcanzar PostgreSQL en comparación con Oracle, permiten afirmar que PostgreSQL posibilita una escalabilidad mucho mejor en máquinas multiprocesador hasta 128 núcleos por máquina, permite mejores resultados en altas concurrencias, el uso de herramientas ETL que contienen semántica transaccional completa (por ejemplo, INSERT ON CONFLICT de PostgreSQL es transaccional, mientras el equivalente MERGE de Oracle no lo es).

Sobre las herramientas de administración, se considera que Oracle tiene un entorno mucho más completo y amigable, con un paquete de herramientas más que suficiente para una administración eficiente. A su favor PostgreSQL tiene el hecho de la personalización sin costo, y tener el mismo potencial que Oracle.

En lo que se refiere a la integridad de datos, ambos trabajan con el control de transacciones conocido como ACID<sup>10</sup> (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad).

Sobre la seguridad, cabe señalar que, como software libre y dependiente de una comunidad de desarrolladores, los problemas de seguridad que se detectan se corrigen más rápido en PostgreSQL que en Oracle. En cuanto a las herramientas de seguridad, ambos sistemas son muy parecidos también en esto.

Entre las diferencias fundamentales entre ambos SGBDR están el hecho de que, mientras Oracle gestiona bases de datos relacionales, PostgreSQL lo hace con bases de datos objeto-relacionales.

Esto significa que el dato gestionado en la base de datos se comporta como un objeto, de forma similar a lo que ocurre con la programación orientada a objetos, lo que permite, por ejemplo, que un registro de la base de datos tenga relaciones propias. En definitiva, una base de datos objeto-relacional tiene una equivalencia directa con un lenguaje de programación orientado a objetos, lo que permite un mapeo directo entre los datos y los objetos de la lógica de negocio. Esto incide en el rendimiento al manipular datos complejos, pues mejora de forma notable.

Otra diferencia interesante, de nuevo favorecedora de las posibilidades de PostgreSQL, es el del uso de lenguajes de programación para generar scripts del lado servidor. Aparte de poder usar PL/pgSQL, que es la variante propia de SQL, puede usar lenguajes orientados a objetos (PL/Java, PL/Python, por ejemplo).

<sup>8</sup> <https://www.8kdata.com/es/soporte>

<sup>9</sup> <https://2ndquadrant.com/es/postgresql/caso-de-negocio-para-postgresql/>

<sup>10</sup> *Atomicity, Consistency, Isolation and Durability*

Otro elemento a tener en cuenta es el hecho de que, para el caso Oracle, se puede contar con un gran número de técnicos expertos que han trabajado en empresas de tamaño considerable administrando el sistema. Sin embargo, a día de hoy, PostgreSQL tiene un mercado mucho menor, lo que se traduce en un número mucho menor de expertos administrando este sistema, cuestión esta que también tiene incidencia en el costo de la solución.

PostgreSQL es totalmente compatible con las herramientas, tanto de pago como libres, de INTERLIS. Para Oracle, existen herramientas para la integración con INTERLIS, pero son para versiones antiguas. Aunque estas herramientas son de software libre y, por tanto, permiten el acceso al código fuente y su modificación, aumentaría el costo de la solución, dado que sería necesario desarrollar la modificación para adaptarlo a versiones más modernas.

En conclusión, a pesar de lo que, a priori, pudiera parecer, Oracle y PostgreSQL son dos SGBDR de características similares, de alto rendimiento y de grandes capacidades, pudiendo gestionar ingentes cantidades de datos (aunque en esto, también PostgreSQL tiene alguna ventaja, al permitir tamaños de tabla y fila mucho mayores que Oracle).

Tabla 2: alternativas de soluciones para SGBDR

SGBDR	Licencia	Costo	Comentarios	Pros	Contras
Oracle DB	Privativa	47.500 USD (Enterprise Edt.) por procesador 10.450 USD por mantenimiento y soporte técnico	Multiplataforma Ejemplos de clientes: Google, Facebook	Entorno de Administración muy completo Hay muchos expertos en su administración y uso	Costo de licenciamiento Complejidad Poco escalable dado que está pensada para grandes entornos corporativos Gran consumo de recursos de hardware SQL con alto nivel de exclusividad Scripts sólo mediante PL/SQL La integración con INTERLIS precisa aumento de costo por desarrollo
PostgreSQL	FOSS	Licencia gratuita Costo de mantenimiento variable en función de lo que se contrate. Existe mucha competencia para dar servicios de soporte.	Multiplataforma Ejemplo de clientes: USAID, Apple, Skype	Costo de licenciamiento Amortización inmediata del costo de formación Escalabilidad Menor uso de recursos de software BD objeto-relacionales Mejores resultados en concurrencias de acceso muy altas	Menor número de expertos disponibles Herramientas de administración austeras

SGBDR	Licencia	Costo	Comentarios	Pros	Contras
				Scripts a través de PL/pgSQL y lenguajes orientados a objetos como Java o Python  Posibilidad de personalización, con acceso al código fuente  Herramienta para INTERLIS	

### 3.4.2 Extensiones espaciales

En este apartado, se van a señalar diferencias de interés entre las extensiones espaciales de ESRI, conocida como ArcSDE, de Oracle llamada Oracle Spatial y de PostgreSQL, llamada PostGIS<sup>11</sup>.

#### 3.4.2.1 Oracle Spatial

Es la extensión espacial nativa de Oracle Database y su nombre completo es *Oracle Spatial and Graph*. Se proporciona con dos niveles de licencia:

- **Oracle Locator**: Disponible con Oracle Database Express Edition, Standard Edition, Standard Edition One y Enterprise Edition de forma gratuita.

No permite operaciones comunes como uniones, cálculo de áreas de influencia (hasta la versión 11g, que ya incorpora funciones para ello) o intersecciones ni análisis espacial. No almacena datos raster.

- **Oracle Spatial**: Se licencia, de forma separada, con Oracle Database Enterprise Edition. Su costo es de 17.500 USD7 por procesador, más 3.850 USD por los servicios de actualización y soporte técnico.

En el caso que ocupa al presente documento, el nivel de licenciamiento de interés sería el de Oracle Spatial. Admite, como clientes de visualización y edición el visualizador integrado con Oracle (OBE), GvSIG, QGIS, OpenJump, uDig, GeoRaptor for Oracle SQL Developer, ArcGIS (pero precisa licencia de ArcSDE, que permite el acceso directo a datos SDO\_GEOMETRY), FME, Manifold, CardCorp, Aucada FDO y MapInfo.

Pueden publicarse los datos geográficos en la web a través de Manifold, MapDotNet, UMN Mapserver, GeoServer, MapGuide Open Source y ArcGIS (con licencia de ArcGIS for Server Basic Edition, preferiblemente Standard Edition al menos). También pueden publicarse mediante la herramienta de Oracle MapViewer sobre Oracle Application Server.

#### 3.4.2.2 ArcGIS for Server Basic Edition Enterprise Level (ArcSDE corporativo)

Este<sup>12</sup> componente, vendido por ESRI, es una extensión espacial que trabaja en distintos SGBDR. Entre otras, puede trabajar tanto sobre Oracle Database como sobre PostgreSQL.

<sup>11</sup> Es de interés la página web:

[http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content\\_name=sqlserver2008r2\\_oracle11gr2\\_postgis15\\_compa re](http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content_name=sqlserver2008r2_oracle11gr2_postgis15_compa re)

<sup>12</sup> <http://www.esri.com/library/brochures/pdfs/arcgis-server-functionality-matrix.pdf>

El cliente desktop principal de este componente es ArcGIS for Desktop, con licencia mínima “Standard level” (similar al antiguamente denominado “ArcEditor”).

La lista de precios de los productos de ESRI es complicado conseguirla de forma abierta. Este hecho es debido a que ESRI suele adaptarse, especialmente cuando tiene distribuidores locales, a la realidad económica del cliente y suele hacer paquetes que, incluyendo soporte y capacitación técnica, den un margen muy amplio en el producto final que realmente se vende, que suele trascender por mucho la simple venta de licencias.

Si atendemos a lo que publica el Estado de New York, del año 2015, sobre productos adquiridos<sup>13</sup>, puede observarse que el orden de magnitud para los productos señalados es de más de 5.000 USD por licencia concurrente de ArcGIS for Desktop Standard Level y otros 1.500USD de mantenimiento anual; mientras que ArcGIS for Server Basic Edition para 4 núcleos costaría alrededor de 8.200 USD, más unos 3.000 USD por el servicio de mantenimiento anual y otros 2.000 USD por núcleo de procesador adicional.

Suponiendo una instalación en un servidor con dos procesadores Intel Xeon de 4 núcleos, se estaría ante un costo de licenciamiento de alrededor de 19.200 USD para la extensión espacial, más unos 6.500 USD para una licencia concurrente<sup>14</sup> de *ArcGIS for Desktop Standard Level* que permita gestionar y editar los datos. Esto supondría un costo mínimo aproximado de unos 25.700 USD, a sumar al precio del SGBDR que, de ser Oracle y como se ha visto, sumaría un costo de 95.000 USD, al tratarse de un servidor con dos procesadores. En total, el orden de magnitud del costo de esta solución rondaría los 120.000 USD para ponerlo en funcionamiento y con mantenimiento de, al menos, un año.

Existen algunas técnicas que permiten conectar QGIS a una base de datos con ArcSDE, pero precisa tener instaladas en el sistema determinadas librerías de ArcSDE, lo que obliga a cumplir el contrato de este producto privativo de ESRI, sin garantías de asegurar la integridad de datos.

Geoserver es capaz de publicar también datos desde GDB corporativas basadas en ArcSDE, aunque para exponer servicios web de forma nativa puede hacerse desde la propia Edición Basic de ArcGIS for Server, siendo aconsejable el uso de la Edición Standard.

Por último, ArcSDE no es sólo un software que funcione como extensión espacial de la base de datos, si no que funciona como un auténtico software intermediario (“middleware” en inglés), que permite a los clientes que trabajan desde ArcObjects<sup>15</sup> descubrir un conjunto de funcionalidades sólo accesibles a través de esta tecnología y totalmente independientes de las funcionalidades del SGBDR, como es el caso de la denominada “topología de reglas” sobre la que trabaja este producto.

### 3.4.2.3 PostGIS

PostGIS representa la solución más avanzada en cuanto a extensiones espaciales dentro del software libre. No es la única solución, pero si lo es a la hora de estar en condiciones de competir con las soluciones privativas que se han visto, incluso con otras de más reciente desarrollo como la que integra MS SQL Server.

Representa una solución completa para datos raster y vectoriales, completamente integrada en PostgreSQL, totalmente compatible con SQL, utilizando un conjunto de verbos y sentencias que no representan, en esencia, ningún estándar aparte. Se trata de una extensión para PostgreSQL

<sup>13</sup> <http://www.ogs.state.ny.us/purchase/prices/7600020751prices.pdf>

<sup>14</sup> Es decir, sólo un usuario conectado a la vez, es decir, un supuesto de mínimos.

<sup>15</sup> Modelo de objetos sobre el que se desarrolla y personaliza cualquier aplicación ESRI, bien sean aplicaciones pre-construidas, como ArcGIS for Desktop, o bien lo sean personalizadas, tanto a través de las API de ArcGIS for Server, como a través del ADF de ArcGIS Engine.

totalmente transparente, personalizable tanto desde línea de comandos como desde lenguajes orientados a objetos, con controladores estándar (JDBC) para el acceso a los datos.

Es la única extensión espacial que, en tándem con PostgreSQL, ha conseguido la certificación del OGC, ya que utiliza de forma nativa y con conformidad absoluta los estándares de este organismo, tanto en el almacenamiento en modo binario (WKB) como en formato texto (WKT).

Destaca su amplio uso por entidades de reconocimiento mundial en la gestión de datos espaciales, como por ejemplo el IGN de Francia que maneja alrededor de 20 millones de predios con PostGIS.

Los clientes naturales para esta solución son Open Jump, QGIS, gvSIG y uDig. Puede conectarse ArcGIS a través de distintas soluciones, como SpatialKit de ST\_Links<sup>16</sup> o la extensión (de pago) “ArcGIS Data Interoperability”. También pueden usarse como clientes Manifold, FME, CadCorp, Autocad FDO, MapInfo 10+.

Para publicar datos en web pueden usarse MapDotNet, UMN Mapserver, GeoServer, FeatureServer o MapGuide Open Source.

Al igual que en el caso de PostgreSQL, no tiene costo de licenciamiento. En este caso se publica bajo licencia GNU/GPL, considerada la licencia de software libre por antonomasia.

Los costos van asociados, como en el caso del SGBDR sobre el que trabaja, al soporte que se contrate en un momento dado, así como a la personalización del comportamiento de la base de datos, en el caso en el que se desee el control topológico. El conjunto de órdenes a este respecto, así como para la modificación y explotación de datos es muy extenso, pero se necesita personalizar en muchos casos. Generalmente, las empresas que dan soporte de PostgreSQL suelen incluir el de PostGIS.

Tabla 3: alternativas de soluciones para extensiones espaciales de SGBDR

Extensión espacial	Costos asociados	Comentarios	Pros	Contras
<b>Oracle Spatial</b>	17.500 USD por procesador 3.850 USD mantenimiento y soporte	Permite gran cantidad de clientes, libres y privativos	Integrado con Oracle Permite gran cantidad de clientes. Personalización a través de scripts mediante PL/SQL	Costo de licenciamiento No aporta funcionalidades extraordinarias frente a soluciones libres, considerando las necesidades generales De usarse como cliente ArcGIS, precisa licencia de ArcSDE, sin poder hacer uso de las ventajas de esa tecnología No tiene cliente propio

<sup>16</sup> <http://www.st-links.com/Pages/Download.aspx>





Extensión espacial	Costos asociados	Comentarios	Pros	Contras
<b>ArcGIS for Server Basic Edition (ArcSDE)</b>	8.200 USD por cada 4 núcleos 2.000 USD por núcleo adicional 3.000 USD de mantenimiento	No es sólo una extensión espacial, sino un software intermedio, basado en ArcObjects, que permite explotar toda la funcionalidad de las bases de datos espaciales de ESRI	Usado con el conjunto de productos de ESRI, permite generación y explotación de Bases de Datos espaciales potentes Fácil uso mediante el software de escritorio de ESRI Tecnología muy extendida Escalabilidad Permite varios clientes no ESRI	Costo de licenciamiento Para sacar todo el potencial, es imprescindible el uso del cliente de escritorio de ESRI (ArcGIS for Desktop) Sólo personalizable a través de ArcObjects Capacidad de scripts muy limitado con funciones propias y cerradas
<b>PostGIS</b>	Licencia gratuita Costo de mantenimiento variable en función de lo que se contrate. Existe mucha competencia para dar servicios de soporte.	Integrado en PostgreSQL	Software libre de gran potencialidad, equiparable a software privativo Totalmente compatible con sentencias SQL estándar Personalización mediante estándares y lenguajes abiertos Certificación OGC Admite gran cantidad de clientes libres y privativos, de escritorio y web Herramienta para INTERLIS disponible	Menor disponibilidad de técnicos expertos en su uso

### 3.4.3 Publicación de Geoservicios Web

#### 3.4.3.1 ArcGIS for Server

Esta solución privativa, producto de ESRI y con total integración con el resto de sus productos proporciona dos elementos esenciales: publicación de servicios web y consumo de los mismos a través de un conjunto de API para el desarrollo de aplicaciones a medida y de SDK para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.

Estas API son la de Javascript, la de REST, Flex y Silverlight. Los SDK son para el desarrollo de aplicaciones sobre iOS, Android, .NET (aplicaciones de escritorio en Windows y dispositivos móviles Windows Phone y Windows Store), Qt (para Windows, Linux, Android, iOS y Mac OS X), Xamarin (aplicaciones en C# nativas de Android, iOS y UWP). Además, tiene un SDK para Java que permite la creación de aplicaciones de escritorio para Windows y Linux, así como un SDK para OS X que permite crear aplicaciones de escritorio para Mac. Los API y SDK son gratuitos, aunque no libres.

Permite la publicación de servicios bajo los estándares OGC KML, WCS, WFS (incluyendo el subconjunto transaccional, WFS-T), WMS, WMTS y WPS. ArcGIS for Server diferencia entre la publicación de datos exponiéndolos desde la GDB, mediante lo que denomina "Servicio de



geodatos”, o exponiéndolos desde un mapa que los aglutine desde diversas fuentes, los filtre y simbolice a través de lo que denomina “Servicio de mapa”. Desde el punto de vista del uso de los estándares esto es opaco. También publica bajo formatos propios con funcionalidades personalizadas, haciendo uso de extensiones del propio ArcGIS for Server. Permite además el uso de GeoJSON.

Es capaz de publicar datos no sólo desde ArcSDE, sino también desde PostGIS.

Los servicios publicados mediante los estándares indicados pueden ser accedidos de forma completa con cualquier cliente en las mismas condiciones en las que dicho cliente sea capaz de trabajar con ellos cuando provienen de cualquier otro servidor.

Como se ha comentado más arriba, es aconsejable el uso de ArcGIS for Server Standard Edition Enterprise Level, lo que supone un costo de unos 16.000 USD por cada 4 núcleos de proceso<sup>13</sup>.

### 3.4.3.2 Geoserver

Geoserver es un software servidor para la publicación de datos de carácter espacial a través de internet.

Es software de código abierto liberado bajo licencia GNU/GPL. Además, es de libre acceso, es decir descargable de la web de forma gratuita. El costo que tiene asociado está relacionado con los servicios de soporte técnico que se pueda contratar con cualquier empresa que se dedique a ello.

Es un sistema de fácil instalación y puesta en marcha, aunque con ciertas características de personalización que precisan de ciertos conocimientos y de realizar las pruebas correspondientes.

Lee y publica datos desde PostGIS, Oracle Spatial, MS SQL Server y MS SQL Azure (no de forma nativa, si no que precisa de una extensión), ArcSDE, directamente desde Shapefiles, GeoTIFF o JPEG2000 entre muchos otros. A su vez publica según los estándares del OGC, en concreto CSW, WCS, WFS (incluyendo el subconjunto transaccional a través de WFS-T), WMS (incluyendo soporte para “TIME” en la respuesta de la función GetMap), WMTS, WMS-C y WPS, esto es, servicios web de geoprocésamiento o, lo que es lo mismo, funciones que se publican en la web para ejecutarse como servicios y con los que obtener resultados de determinados análisis espaciales.

Es un sistema ampliamente utilizado en el mundo, con clientes como el Instituto Geográfico Nacional de Francia, el Banco Mundial, la NOAA o la FAO, entre otros.

En definitiva, es un sistema para la publicación de servicios de datos georreferenciados, muy maduro, de fácil uso o, cuando menos, con una curva de aprendizaje óptima, que permite resultados de gran calidad con rapidez y a costo muy bajo.

Evidentemente, los datos son explotables desde cualquier cliente, ligero o pesado, que trabaje con servicios como los publicados con este servidor, es decir, compatible con el OGC, desde sistemas de escritorio como QGIS o ArcGIS for Desktop, hasta APIs en constante desarrollo como LeafLet o Openlayers, que son de software libre, pero donde también pueden incluirse las API vistas anteriormente para el caso de ArcGIS for Server.

### 3.4.3.3 MapViewer

Se trata de una extensión para la publicación de datos con componente geográfica, cuyo nombre completo es “Oracle Fusion Middleware MapViewer”. Se trata de un conjunto de componentes personalizables mediante programación, usando Java, para mostrar mapas.

Está escrito en Java y funciona sobre Oracle WebLogic Server (unos 10.000 USD por procesador, más 2.200 USD de mantenimiento y soporte) o sobre Glassfish Server (5.500 USD por procesador más 1.100 USD por mantenimiento y soporte)<sup>7</sup>. Consiste en tres elementos, llamados en conjunto “Oracle Maps”, que son un servidor de mapas por teselas, un servicio de consultas dinámicas

geoespaciales conocido como “Feature of Interest” (FOI server) y una API en Javascript para la creación de aplicaciones personalizadas.

Las capas que se gestionan desde FOI Server son gestionadas por Oracle Spatial and Graph. Esta gestión se hace de forma dinámica, mostrando el estado más actual de los datos almacenados.

Permite realizar análisis espacial a través de tres conjuntos de API. Incluye un protocolo XML para los requerimientos y respuestas que permite incrustar mapas estáticos en páginas web. También incluye una API de Java para incrustar mapas en una aplicación. Una tercera API, de Javascript, permite interactuar con estos mapas.

Trabaja a partir de datos almacenados en Oracle Spatial and Graph o desde Oracle Locator y soporta WMS, pero no hay una posibilidad directa de publicar WFS ni WCS. No obstante, a través de Oracle Spatial pueden servirse servicios WFS y CSW.

Tabla 4: alternativas de soluciones para publicación de Geoservicios Web

Publicación Geoservicios	Costos asociados	Comentarios	Pros	Contras
<b>ArcGIS for Server (Enterprise Standard Edition)</b>	16.300 USD por cada 4 núcleos 1.200 USD por núcleo adicional 4.900 USD por mantenimiento anual		Publicación de todos los servicios del OGC (KML, WCS, WFS (incluyendo el subconjunto transaccional, WFS-T), WMS, WMTS y WPS) Integración de herramientas de desarrollo específicas para dispositivos móviles y clásicos multiplataforma Uso directo de GeoJSON Puede publicar desde PostGIS	Para sacar toda la funcionalidad, se publican servicios en un estándar propio, sólo explotables por productos de ESRI APIs de Javascript, REST, Flex y Silverlight propias y cerradas
<b>Geoserver</b>	Costo de licencia 0 Costo de soporte escalable, con múltiples empresas que compiten	Entre otros, usado por IGN de Francia, el Banco Mundial, la NOAA, la FAO	Totalmente libre Personalizable y con API abiertas Publica todos los tipos de servicios del OGC, incluyendo WMS con componente temporal. Costos de formación y soporte totalmente amortizables de forma rápida Fácil puesta en marcha (configuración y publicación)	
<b>MapViewer</b>	De 6.600 USD a 12.200 USD		Integración con productos Oracle	Costo de licenciamiento No es totalmente compatible con OGC Precisa de productos adicionales (WebLogic o Glassfish)

### 3.4.4 SIG de escritorio

#### 3.4.4.1 ArcGIS for Desktop

ArcGIS for Desktop, compuesto por cuatro aplicaciones de escritorio conocidas como ArcMap, ArcCatalog, ArcScene y ArcGlobe, es el software para la gestión y análisis de datos geográficos más extendido y usado actualmente.

Se distribuye en tres niveles de licencia que funcionan exclusivamente sobre Windows y cuya diferencia fundamental es su capacidad para interactuar con bases de datos geográficas (Geodatabases) de ESRI, concretamente el trabajo con GDB de ArcSDE, tanto workgroup como corporativas o “Enterprise”. Estos niveles son Basic, Estándar y Advance. En el caso de Basic, sólo puede trabajar con Geodatabases de tipo fichero o de tipo personal (estas últimas, dependientes de MS Access). El resto de diferencias son las herramientas de análisis y gestión de datos disponibles.

Muchas de las funcionalidades dependen de la inclusión de extensiones, cuya licencia tiene un costo extra sobre el precio base del nivel de licencia contratado. Algunos ejemplos son “Spatial Analyst” y “3D Analyst”, para el análisis ráster, o “ArcGIS Data Interoperability”, para el trabajo con datos en otros formatos propietarios y, en algunos casos, incluso para datos en estándares libres, como es el caso de WFS.

Permite trabajar con datos espaciales de ArcSDE y de Oracle Spatial, dependiendo del nivel de licencia y Puede trabajar con datos de PostGIS con extensiones gratuitas.

Puede explotar datos procedentes de cualquier servidor de datos geográficos en la web que publique en los formatos del OGC, considerando que, como se ha dicho, para usar datos WFS precisa de la extensión “Interoperability”.

Es personalizable en Java y mediante tecnología .NET mediante ADFs que permiten hacer uso de los ArcObjects, personalizando tanto las funcionalidades como la interfaz, mediante pequeños elementos de personalización denominados “AddIns”, equivalentes a las funcionalidades que se hacían antiguamente con “Visual Basic for Application”, que era un entorno de desarrollo para la creación de las denominadas “Macros” en prácticamente todas las aplicaciones de Windows.

Además, a través de un conjunto de funciones de Python personalizadas, llamada ArcPy, se puede personalizar el entorno de análisis conocido como “ArcTool Box”, permitiendo acceso a los ArcObjects específicos de análisis, permitiendo la creación de herramientas de análisis personalizadas muy potentes.

Como se ha visto más arriba, una sola licencia concurrente del nivel que permite la edición de GDB corporativas tiene un costo de unos 5.000 USD, siendo este producto ArcGIS for Desktop Standard Level

#### 3.4.4.2 QGIS

Conocido como QGIS (anteriormente QuantumGIS), es el software libre para la gestión y análisis de datos geográficos libre más potente del mercado y con un amplio número de usuarios que va creciendo constantemente. Se trata de un sistema multiplataforma que funciona en Windows, Linux, BSD, Unix, Mac OS X y Android y está publicado bajo licencia GNU/GPL.

Está desarrollado en C++ con librerías Qt y su personalización se realiza, tanto a nivel de interface de usuario como de herramientas de análisis, con Python.

Es cliente natural de PostgreSQL/PostGIS, pudiendo conectarse también a Oracle Spatial y a SQL Server de Microsoft. Existen métodos para conectar a ArcSDE, pero necesita de librerías privativas de ArcSDE y, generalmente, esta forma de conexión se hace sobre versiones antiguas.



No obstante, en lo que se refiere a la conexión a GDB sobre ArcSDE, debe tenerse en cuenta que el acceso es exclusivamente a los datos tal cual están almacenados. Si la base de datos a la que se accede tiene algún tipo de comportamiento configurado, como topologías de reglas, clases de relación, redes geométricas, dominios, etc, QGIS no podrá acceder a estos elementos ya que sólo son accesibles vía “lógica de negocio”, esto es, a través de ArcObjects.

En cuanto a la usabilidad, si bien es cierto que el entorno de análisis y gestión de datos adolece de una centralización de las extensas herramientas y de una clarificación sobre su empleo (existen alrededor de 600 extensiones que se deben instalar desde un gestor de plugins), lo cierto es que es un sistema muy intuitivo para cualquier técnico que haya usado otros SIG y, en todo caso, su curva de aprendizaje es óptima.

En lo que se refiere a su potencia, está a la altura de los mejores SIG comerciales y tiene una comunidad muy grande, lo que redundando tanto en un buen soporte vía Internet, accediendo a foros, videos y blogs de esta comunidad, como en la creación constante de nuevas herramientas que completan la funcionalidad del sistema.

Hasta el momento definitivamente ha superado, al menos en funcionalidad y desempeño, a otros SIG libres conocidos, como es el caso de gvSIG, y demuestra ser capaz de trabajar con conjuntos de datos de gran extensión. El hecho de estar programado en C++ le da mayor robustez como sistema de escritorio que a gvSIG, desarrollado en Java y más inestable como aplicación de escritorio.

Tabla 5: alternativas de soluciones para SIG de escritorio

SIG de escritorio	Costo de Licencia	Comentarios	Pros	Contras
<b>ArcGIS for Desktop (Standard Level)</b>	5.000 USD para una sola licencia concurrente	Software ampliamente extendido El software más avanzado de este tipo de licencia, en lo que se refiere a desarrollo, funcionalidad y estabilidad.	Gran cantidad de herramientas Escalabilidad Obtiene todo el potencial de los servidores de ESRI (ArcGIS for Server) Puede trabajar con datos de ArcSDE, Oracle y PostGIS	Para consumir WFS necesita una extensión (costo adicional de unos 2.000 USD) Para consumir datos de Oracle Spatial se precisa tener licencia de ArcSDE (Costo adicional) Para consumir datos de PostGIS se necesita extensión adicional (no ESRI) Costo de licenciamiento Dependencia de grande corporación extranjera
<b>QGIS</b>	Costo de licencia 0 Costo de formación y soporte variable	Software muy extendido	Gratuito Multiplataforma Gran cantidad de herramientas en constante crecimiento a través de una comunidad muy extensa Soporte gratuito a través de internet (foros, videos) Cliente natural de PostgreSQL/PostGIS Cliente de Oracle Spatial y de SQL Server	Para ser cliente de ArcSDE necesita librerías de esta tecnología y la licencia. Como cliente de ArcSDE, no puede usar todo el potencial ni garantizar la integridad de datos si la GDB tiene capas de comportamiento, ya que ESRI sólo permite hacerlo mediante ArcObjects, al ser un formato privativo.

Hoy en día, el conjunto que forman PostgreSQL/PostGIS y QGIS está a la altura de ArcGIS for Desktop y ArcSDE, superándolo incluso como solución corporativa en determinados ambientes.

### 3.4.5 Servidor de metadatos

La decisión sobre qué herramienta para la gestión, publicación y explotación de metadatos a utilizar en una solución, pasa por conocer dos cuestiones elementales:

- El perfil nacional de metadatos y el estándar sobre el que se basa dicho perfil
- El uso del estándar nacional de base por parte del software elegido, así como si es pertinente personalizarlo.

#### 3.4.5.1 Geonetwork

Se trata de un catálogo de metadatos en la modalidad de licenciamiento libre y código abierto, publicado bajo licencia GNU/GPL, desarrollado con tecnología Java EE, con librerías para la publicación de la interfaz web en Javascript, incluyendo OpenLayers para la visualización de datos geográficos.

Funciona en diversos sistemas operativos como Unix, BSD, Linux, Windows y Mac OS X, lo que le hace multiplataforma.

Implementa los estándares CSW del OGC para la búsqueda de datos; recolección de metadatos mediante los estándares OAI-PMH<sup>17</sup> y Z39.50 y búsqueda de datos geográficos mediante OpenSearch-Geo.

Es compatible con los estándares de metadatos ISO 19115, ISO 19119, ISO 19139, Dublin Core y FGDC, entre otros. Permite la publicación mediante RSS y GeorSS.

Puesto que es de código abierto y que, por tanto, se tiene acceso al código fuente, es una aplicación con grandes posibilidades de configuración, desde la interfaz de usuario<sup>18</sup> (apariciencia, idioma, etc) a través de hojas de estilo XSLT y directamente sobre archivos XML, hasta las funcionalidades.

Incluye también una herramienta para la generación y edición de metadatos, otra para su validación y las correspondientes a la carga en la base de datos. Estas también son personalizables.

La instalación de Geonetwork, por defecto, funciona sobre un SGBDR que se instala por defecto, llamado "H2 Database Engine" donde almacena los datos de configuración no gestionados desde las hojas de estilo XSLT, los datos de seguridad y los metadatos. No obstante, puede usarse sobre DB2, McKoi, MS SQL Server, Oracle y PostgreSQL.

Hoy en día, a nivel corporativo, es la solución de metadatos más usada en el mundo, siendo usado por ejemplo por la FAO, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España<sup>18</sup>, o el Instituto Brasileiro de Geografía e Estadística (IBGE) entre otros muchos.

#### 3.4.5.2 Geoportal Server

Se trata de un software de ESRI gratuito, publicado bajo licencia Apache 2, por lo tanto, de código abierto y, atendiendo a los criterios de los puristas, no considerado como software libre, aunque su licencia lo acerca mucho.

No necesita de otro software adicional, por lo que supone un elemento independiente dentro de una solución.

Incluye inventarios de metadatos sobre los que pueden realizarse búsquedas mediante el estándar CSW del OGC. Acepta los estándares FGDC, Dublin Core y los estándares ISO para América del Norte y para Europa (INSPIRE) –ISO 19115, ISO 19119, ISO 19139.

---

<sup>17</sup> Open Archives Initiative

<sup>18</sup> <http://www.magrama.gob.es/ide/metadatos/>

En lo que se refiere a la búsqueda, implementa XSW, Opensearch, CMS (Content Management System) y DMS (Document Management System). Permite el uso de GeoRSS.

Permite la creación y edición de metadatos, así como su registro en la base de datos. También puede generarlos de forma automática, de manera similar a como lo hace ArcCatalog.

Es integrable con ArcGIS, mediante Portal for ArcGIS, con ArcGIS Online y ArcGIS for Desktop.

## 4. Discusión

Debe tenerse en cuenta que las soluciones presentadas tienen un enfoque específico en el marco de la gestión de datos de los pilotos del catastro multipropósito. En este sentido, debe entenderse que quizás sea momento oportuno de probar determinados tipos de software que, actualmente, están menos extendidos en las instituciones, posibilitando así que la solución elegida lo sea, también, para las situaciones posteriores a los pilotos, en función de las conclusiones que se saquen de los mismos. Las soluciones que se presentaron consideran un punto de vista interno de las instituciones (IGAC, Catastro Departamental), pero debe quedar claro que uno de los principios básicos de la conceptualización del Catastro Multipropósito desarrollado es la libertad de método.

Es evidente que el primer factor para la toma de decisiones sobre las soluciones a considerar es el costo de implementación de las mismas.

Así, considerando sólo el costo de implementación<sup>19</sup>, es decir la puesta en funcionamiento, la solución corporativa basada en Oracle y Oracle Spatial tiene un costo de 65.000 USD, no quedando toda la solución resuelta.

Habría que decidir sobre el cliente desktop y el servidor para publicación de geoservicios de datos espaciales. En lo que se refiere al primero, la respuesta podría ser ArcGIS for Desktop, que incrementaría el costo en unos 1.500 USD para una sola licencia. Sin embargo, ESRI obliga a tener instalada la tecnología de ArcSDE para poder trabajar de esta manera, lo que implica sumar a la solución 8.200 USD para 4 núcleos de ArcGIS for Server Basic Edition Enterprise Level, lo que haría que la solución estuviese en un orden de magnitud de unos 78.000 USD. Otra solución sería usar QGIS, limitando el costo entonces al de los componentes.

El inconveniente principal que tiene esta solución es la disparidad de tecnologías. En sí misma es una solución adecuada, pero supone el pago de dos licencias de ESRI que permiten el uso de un conjunto de herramientas que potencian la funcionalidad de la Base de Datos Espacial (GDB) si esta fuera de ESRI.

Esta situación lleva a descubrir una paradoja: se está pagando una licencia de ArcSDE para no usar su potencial sobre la propia licencia de Oracle Spatial.

Además, la tecnología de Oracle Spatial está menos extendida que la de ArcSDE, por lo que encontrar técnicos formados sería más difícil y, por ende, más costoso.

La opción de hacer uso de QGIS sobre Oracle database y Oracle Spatial tiene el mismo inconveniente principal, que es el de la disparidad de tecnologías, aunque se puede considerar mejor que la opción de usar ArcGIS for Desktop, primero, por disminuir el costo de licencia en 9.700 USD y segundo, porque QGIS es un cliente natural de Oracle Spatial sin más artificios. Sin embargo, puede tener inconvenientes desde el momento en que las actualizaciones de Oracle Spatial se hacen de forma independiente de QGIS, lo que significa que cualquier actualización a la que se tenga derecho por licenciamiento de Oracle, puede dar lugar a incompatibilidad con QGIS y se corre, por tanto, un cierto riesgo en que la solución no funcione en tanto en cuanto QGIS no pueda actualizarse. Este

<sup>19</sup> Habría que añadir costos de actualización, mantenimiento, soporte y formación, si se contratasen.

problema, lógicamente, es común al de ArcGIS for Desktop, por lo que la incidencia será con respecto a soluciones que se verán posteriormente.

Si se sigue trabajando sobre esta opción, cabe ahora preguntarse cuál ha de ser el elemento de publicación de Geoservicios Web a utilizar. A este respecto, parece lógico concluir que ha de ser Geoserver, dada su compatibilidad con Oracle Spatial y dado el hecho de que MapViewer supone un sobre costo de al menos 5.500 USD, sin aportar funcionalidades más allá de las que proporciona Geoserver, pues Geoserver es más potente que MapViewer, más pensado para generar visores de datos desde Oracle Spatial que para publicar datos en internet, vía estándares, sin limitación alguna (por ejemplo, no publica WCS).

Considerando lo dicho, cabe concluir lo siguiente:

- Se tienen las siguientes soluciones:
  1. Oracle DB + Oracle Spatial + ArcGIS for Desktop + ArcSDE (Total 78.000 USD)
  2. Oracle DB + Oracle Spatial + QGIS. (Total 65.000 USD)
- Es preferible la solución Oracle DB + Oracle Spatial + QGIS + Geoserver por evitar la redundancia de licenciamiento de extensiones espaciales de la primera opción y evitar licenciar productos que no van poder ser explotados en todo su potencial (ArcSDE).

Por tanto, la primera solución a extraer de entre las analizadas, será una solución de licenciamiento mixto, descartando la de licenciamiento privativo en su totalidad.

La segunda opción a considerar y partiendo de licenciamiento privativo será la de una solución basada en productos de ESRI.

Esta solución y considerando, como viene haciéndose en todos los capítulos anteriores, la tecnología con la que cuenta actualmente el IGAC, sería basada en Oracle DB como SGBDR, sobre el que se asentaría la tecnología ArcSDE mediante ArcGIS for Server Standard Edition Enterprise Level, que serviría también para la publicación de datos a través de geoservicios web. Como cliente de escritorio, debería ser ArcGIS for Desktop Standard Level, para poder hacer uso de las geodatabases de ArcSDE.

El precio de esta solución estaría en un orden de magnitud próximo a los 21.000 USD en condiciones de mínimos (una única licencia para la opción de escritorio y una licencia para cuatro núcleos en el caso de la extensión espacial y el servidor de datos geoespaciales).

Faltaría sumarle la opción Oracle DB<sup>20</sup> a utilizar, lo que implicaría una suma de 17.500 USD para un único procesador, como mínimo. Esto daría como resultado un costo mínimo de 38.500 USD en licenciamiento.

Es evidente que esta opción tiene como inconveniente el costo de licenciamiento, pero a favor tiene que, dentro de las opciones corporativas vistas, es la que tiene el mejor costo y, sobre todo, la mejor relación costo/funcionalidad, ya que todo lo que se está licenciando forma un paquete integrado en el que todas las funcionalidades pueden ser explotadas.

De la misma forma que se hizo en el caso anterior, esta opción puede modificarse introduciendo en la solución elementos de software libre. En este caso existen dos posibilidades con peso técnico: por un lado, sustituir Oracle DB por PostgreSQL, dado que la tecnología de ArcSDE funciona sobre este SGBDR.

En este caso, la opción se abarata en, al menos, los 17.500 USD del precio de Oracle DB Standard por procesador. Puesto que el sistema, como servidor, deberá hacer uso de más procesadores, el ahorro sería notablemente mayor.

---

<sup>20</sup> Standard, Standard One Edition o Enterprise



Otra posibilidad es incluir Geoserver como publicador de servicios web. Esta opción no es, *a priori*, necesariamente mejor. Hay que tener en cuenta que, en este caso, se seguiría precisando de la tecnología ArcSDE, por lo que seguiría siendo necesaria la licencia de ArcGIS for Server, pudiendo ser suficiente en este caso con la edición “Basic” y nivel “Enterprise”, que tiene un costo de unos 8.200 USD<sup>13</sup>, lo que abarataría la opción en otros 8.200 USD adicionales. Es importante, a este respecto, tener en cuenta que ArcGIS for Server sólo permite la publicación de servicios del OGC con las Ediciones “Standard” y “Enterprise”<sup>12</sup>.

Es muy importante tener en cuenta que, para el consumo de servicios WFS del OGC no basta con la licencia de ArcGIS for Desktop comentada. Para acceder a estos servicios, se necesita la extensión “Data Interoperability”, que sumaría un costo de 2.000 USD para ArcGIS for Desktop, unos 8.000 USD si fuese necesario para aplicaciones sobre ArcGIS for Server Standard Edition.

En este punto, considerando lo expuesto, se tiene

- como mejor opción con licencia privativa
  1. Oracle DB + ArcGIS for Server Standard Edition Enterprise Level + ArcGIS for Desktop + Data Interoperability for Desktop (40.500 USD).
- y, como mejor opción de licenciamiento mixto
  1. PostgreSQL + ArcGIS for Server Basic Edition Enterprise Level + ArcGIS for Desktop + Geoserver + Data interoperability for Desktop (15.000 USD)

Frente a las opciones expresadas, se tiene la opción de software libre, una solución en la que todos sus componentes serían de software con este tipo de licencia.

La solución con PostgreSQL/PostGIS, Geoserver y QGIS se basa en un conjunto de paquetes bien conocidos, con una amplia comunidad de usuarios y desarrolladores detrás y un notable número de empresas proveedoras de servicios de soporte y formación. La actualización de los componentes es constante y cuenta incluso con empresas que, además de dar soporte, publican una solución completa con estos elementos de software (como por ejemplo OpenGeo Suite de Boundless), que tiene la ventaja de garantizar que todos los elementos son compatibles, tanto a nivel de versión como de librerías secundarias.

Es una solución suficientemente potente que, junto con OpenLayers y otras librerías de desarrollo Web, permiten crear aplicaciones personalizadas y funcionales a través de Internet. La solución es totalmente compatible con las herramientas más actualizadas para INTERLIS, como por ejemplo para la generación de un esquema de base de datos y el import y export de datos<sup>21</sup>.

Como ventaja evidente, igual que en los casos expuestos anteriormente, se encuentra el precio de licenciamiento, totalmente gratuito en este caso. Con cantidades inferiores a las expuestas en los casos anteriores, se puede contratar un buen plan de formación inicial. Y con menos de los costos de mantenimiento del software privativo que han sido comentados en apartados anteriores, pueden planificarse planes de soporte a medida que, incluso, a medio o largo plazo, pueden ir disminuyendo este costo, pues es un conocimiento que perfectamente puede quedarse en la institución, si se hace un buen plan de actualización de formación interno. Todo ello redundará en la sostenibilidad de los sistemas a medio largo plazo, cosa que, con los precios comentados para soluciones privativas, se puede ver en peligro si en algún momento existen dificultades presupuestarias, si cambian las condiciones de licenciamiento privativos en función del hardware.

Sobre la sostenibilidad, este también es un asunto prioritario, pues en caso de aumentar las necesidades de hardware (mayor número de usuarios concurrentes, mayores requerimientos de las

---

<sup>21</sup> Si bien existen herramientas para Oracle, estos no están actualizadas y precisan costo de desarrollo. En el caso de ESRI se desconocen (por lo menos si son de licencia libre).

aplicaciones, etc.), la escalabilidad del software libre es independiente de este asunto, sin embargo, la del software privativo siempre está en función de la disponibilidad presupuestaria.

En los casos de soluciones privativas comentados, lo cierto es que las instituciones nacionales de Colombia disponen de licencias de la mayoría del software expuesto, por lo que la puesta en marcha de estas soluciones tendría, probablemente, un costo 0 inicial teórico<sup>22</sup>. Sin embargo, en este punto entran dos condiciones de importancia a ser consideradas: por un lado, el costo de mantenimiento y por otra y aún más importante, la sostenibilidad a largo plazo de las soluciones, teniendo en cuenta los costos y su capitalización, en los que habría que valorar el depender de multinacionales extranjeras para el mantenimiento de datos estratégicos del país.

La inversión que se hace para el soporte sobre software libre, así como la formación que se contrata, es reutilizable dentro de la propia institución. Esto significa que, por un lado, los técnicos en las soluciones libres pueden reutilizar sus cursos para impartirlos a compañeros o sustitutos. Por otro lado, significa que la propia institución puede pasar a formar parte de la comunidad de Internet del software considerado, convirtiéndose en co-desarrollador de soluciones. Incluso podría plantearse la posibilidad de vender servicios en base al conocimiento adquirido, o las herramientas desarrolladas, específicamente para fines catastrales, a otras entidades del mundo o, incluso, a personas privadas que se dediquen al mantenimiento catastral, como los futuros agrimensores certificados, redundando en la autofinanciación del catastro, que es un objetivo básico de las premisas del Catastro 2014.

## 5. Conclusiones

Concluyendo la discusión en el capítulo anterior, las soluciones a considerar serían las siguientes (por categoría de solución):

- Licenciamiento privativo puro:
  1. Oracle DB + ArcGIS for Server Standard Edition Enterprise Level + ArcGIS for Desktop + Data Interoperability for Desktop, con un costo mínimo de unos 40.500 USD en licenciamiento.
- Licenciamiento libre puro:
  2. PostgreSQL + PostGIS + QGIS + Geoserver
- Licenciamiento mixto:
  3. Oracle DB + Oracle Spatial + QGIS + Geoserver, con un costo mínimo inicial de licenciamiento de unos 65.000 USD.
  4. PostgreSQL + ArcGIS for Server Standard Edition Enterprise Level + ArcGIS for Desktop + Data interoperability for Desktop + Data Interoperability for Server Standard, con un costo mínimo de licenciamiento de 31.000 USD.
  5. PostgreSQL + ArcGIS for Server Basic Edition Enterprise Level + ArcGIS for Desktop + Geoserver + Data interoperability for Desktop, con un costo mínimo de licenciamiento de 15.000 USD.

La opción de Oracle DB y Oracle Spatial junto con ArcGIS for Desktop se ha dejado fuera, dada la necesaria mezcla de tecnologías que no permitiría el óptimo de ninguna de ellas para costos tan elevados. Evidentemente, podría tomarse la decisión de hacer uso de ella si así se desea, pues se tienen las licencias. Pero en ese caso, se recomienda hacer uso de QGIS como cliente, pues se evitaría el costo de licenciamiento de tecnología ArcSDE, necesaria en el caso de usar ArcGIS for

---

<sup>22</sup> Sería teórico porque habría que prorratear el costo general de licencias pagados por los organismos nacionales correspondientes, en relación a los necesitados para el Catastro.

Desktop como cliente. También en ese caso, se recomienda usar Geoserver como publicador de datos GIS en la web. No obstante, cabe señalar que, como se ha visto, en lo que se refiere a funcionalidad y capacidad, Oracle DB y Oracle Spatial no proveen ninguna de ellas que sean significativamente superiores a la pareja PostgreSQL y PostGIS.

Puesto que se tienen, a día de hoy, licencias para establecer el resto de soluciones, si se decidiese implementar alguna de las soluciones que contienen software privativo, se aconseja usar las de licenciamiento mixto, preferiblemente aquellas que mayor cantidad de software libre tienen y, con seguridad, puede considerarse que la mejor entre ellas sería la opción 5, que evita una de las licencias más caras (la de Oracle DB) y disminuye el nivel de licencia de ArcGIS for Server.

No obstante, se recomienda el uso de la solución de licenciamiento libre puro (*solución 2*), dado que tiene capacidades comparables al mejor software propietario considerado, mejores en algunos casos; permite ahorrar cantidades muy importantes de dinero e invertir las en formación y soporte a corto plazo y probablemente ahorrarlas o, al menos, disminuirlas aún más a medio o largo plazo; permite asegurar las sostenibilidad e independencia institucional a medio o largo plazo y no poner datos de interés estratégico de la nación, como es el catastro, al albur de intereses ajenos. Puede que sea la que necesite una curva mayor de aprendizaje en el corto plazo, pero es algo amortizable de forma inmediata por el ahorro en licencias.

Además, debe tenerse en cuenta que se cuenta con el apoyo del proyecto “Modernización de la Administración de Tierras de Colombia”, el cual está en disposición de apoyar esta solución, mejorando por tanto la amortización inicial y la capitalización de conocimiento por parte de las instituciones.

Sobre el software para la gestión y publicación de metadatos, cualquiera de las dos opciones propuestas puede ser adecuada, no obstante se recomienda el uso de Geonetwork, dado que es de licencia de software libre pura y depende de la evolución en base a las necesidades de la comunidad de usuarios, de la que el IGAC puede formar parte como se ha comentado anteriormente, no dependiendo de las decisiones de una sola corporación que podría, si así lo decidiese unilateralmente, dejar de apoyar este producto, cambiarlo o modificar las condiciones de licenciamiento.

A continuación, se presenta una tabla resumen sobre las conclusiones respecto a las soluciones discutidas anteriormente, con la solución dos que se propone a tomar en cuenta.

Tabla 6: conclusión soluciones de Software

Nº	Solución	Licencia	Costo estimado	Pros	Contras
1	Oracle DB ArcGIS for Server Standard Edition Enterprise Level ArcGIS for Desktop Data Interoperability for Desktop	Privativo	40.500 USD	Tecnologías integradas en una solución completa Explotación de todas las funcionalidades licenciadas	Precio de licenciamiento Costos de mantenimiento Dependencia de corporación extranjera

Nº	Solución	Licencia	Costo estimado	Pros	Contras
2	PostgreSQL PostGIS QGIS Geoserver	Libre	Variable, si se contrata soporte y formación	Tecnologías integradas en una solución completa Costo de licenciamiento nulo Costo de soporte escalable Costo de soporte y capacitación amortizable rápidamente por el propio ahorro en licencias Apoyo en la puesta en marcha y capacitación inicial por parte del Proyecto Herramientas de INTERLIS desarrolladas explícitamente para esta solución Los datos estratégicos de catastro no dependen de ninguna corporación extranjera	Disponibilidad de técnicos inicial Curva de aprendizaje Herramientas de administración menos desarrolladas que en otras soluciones (caso de PostgreSQL)
3	Oracle DB Oracle Spatial QGIS Geoserver	Mixto	65.000 USD	El uso de la avanzada tecnología de Oracle	El costo de licenciamiento de la tecnología de Oracle no compensa respecto a la funcionalidad que ofrece, según las necesidades
4	PostgreSQL ArcGIS for Server Standard Edition Enterprise Level ArcGIS for Desktop Data interoperability for Desktop Data interoperability for Desktop	Mixto	31.000 USD	Disminución del costo de licenciamiento al sustituir Oracle por PostgreSQL Tecnologías integradas en una solución completa Explotación de todas las funcionalidades licenciadas	Precio de licenciamiento Costos de mantenimiento Dependencia de corporación extranjera



Nº	Solución	Licencia	Costo estimado	Pros	Contras
5	PostgreSQL ArcGIS for Server Basic Edition Enterprise Level ArcGIS for Desktop Geoserver Data interoperability for Desktop, con un costo mínimo de licenciamiento de 15.000 USD	Mixto	15.000 USD	Ajuste del costo de licenciamiento al mínimo imprescindible.  Tecnologías integradas en una solución completa.  Explotación de todas las funcionalidades licenciadas.	Precio de licenciamiento  Costos de mantenimiento  Dependencia de corporación extranjera



## 6. Referencias

- [1] Componente C1. 2015. Informe Análisis Situación Inicial de Proyecto. Proyecto Modernización de la Administración de Tierras en Colombia, anteriormente “Fortalecimiento de los Sistemas de Gestión de Calidad de Datos para las Políticas de Formalización y Restitución de Tierras en Colombia”. Agencia de Implementación.



