

Acercamiento al desarrollo de arquitecturas orientadas a servicios (SOA) en el dominio de los sistemas de información geográfica

An approach to developing service-oriented architectures (SOA) in the domain of geographic information systems

María Isabel Marín Morales
Magíster en Ingeniería de Sistemas
mmarinm2@tdea.edu.co
Docente Ocasional
Tecnológico de Antioquia

*Recibido: 31 de enero 2012
Aprobado: 30 de marzo 2012*

Resumen

La interoperabilidad entre sistemas de información geográfica (SIG), es una necesidad que se viene presentando por dos motivos: el creciente uso de los SIG en las empresas para realizar un análisis espacial de la información, y la necesidad de complementar esta información gestionada por diferentes SIG, dadas las diversas fuentes de adquisición de la información. Los esfuerzos realizados para suplir esta necesidad se enfocan principalmente en dos direcciones: creación de estándares y desarrollo de arquitecturas orientadas a servicios (SOA). Este artículo presenta las falencias existentes en los mecanismos propuestos y plantea fortalecer la solución a través del desarrollo de arquitecturas SOA, predefiniendo dos aspectos básicos del desarrollo según el dominio específico de los SIG.

Palabras clave: Sistemas de información geográfica, interoperabilidad, estándares de interoperabilidad, open geospatial consortium, arquitectura orientada a servicios.

Abstract

Interoperability among geographic information systems (GIS) is a necessity that is emerging for two reasons: the increasing use of GIS's in business for spatial analysis of information, and the need to supplement information managed by different GIS's, since information is acquired from distinct sources. Efforts to meet the need for solutions have focused mainly on two ways: the creation of standards and Service-Oriented Architecture (SOA) development. This paper presents the existing shortcomings in the proposed mechanisms and intends to strengthen the solution posed by the development of SOA, predefining two basic aspects of development according to the specific domain of GIS's.

Keywords: Geographic information systems, interoperability, interoperability standards, open geospatial consortium, service-oriented architecture.

1. Introducción

Los SIG se vienen convirtiendo en plataformas decisivas para la toma de decisiones en empresas, entidades y organizaciones, especialmente en aquellas cuyo dominio tiene relación con las ciencias de la tierra, la atmósfera o el océano (Domenico *et al.*, 2006). La toma de decisiones efectiva, y de mayor confianza, requiere la integración de información almacenada en diferentes fuentes de datos y que gestionan diferentes SIG, los cuales, en muchas ocasiones, se pueden encontrar en diversas plataformas, lugares e incluso empresas. El problema principal a la hora de intentar esta integración es el hecho de que cada sistema se desarrolla de manera aislada, lo que origina problemas de interoperabilidad en diferentes niveles. Lo anterior dificulta el proceso de acoplamiento en las entradas, salidas y el procesamiento de los programas de gestión y análisis (Lewis *et al.*, 2008).

Para enfrentar y solucionar el problema, es necesario avanzar en el tema de la interoperabilidad, definida como la capacidad para comunicar, ejecutar programas o transferir datos entre diferentes unidades funcionales, de manera que el usuario tenga pocos o nulos conocimientos de las características únicas de dichas unidades (Giannecchini *et al.*, 2006).

Esfuerzos realizados para cubrir la necesidad han enfocado la solución principalmente en dos direcciones: creación de estándares (Percivall, 2000; Giannecchini *et al.*, 2006) e implementación de arquitecturas orientadas a servicios (Ma *et al.*, 2008; Paul *et al.*, 2006).

A pesar de que cada una de estas propuestas facilita y mejora el proceso de interoperabilidad, no terminan de posibilitarlo. Los estándares no son suficientes, pues resulta poco realista pensar que todos los sistemas existentes lo hayan hecho con base en tales estándares, que además cambian constantemente. Por otro lado, aunque la integración mediante arquitecturas SOA simplifica mucho el problema, estos productos requieren de grandes inversiones de tiempo para llevar a

cabo la integración. Teniendo en cuenta que los SIG son un dominio bien definido, el establecimiento de lineamientos predefinidos, representa una gran ayuda para cada caso en que se requiera la integración de SIG mediante arquitecturas SOA.

Por esa razón, este artículo propone un acercamiento al desarrollo de arquitecturas orientadas a servicios en el dominio específico de los sistemas de información geográfica, propiciando el inicio del desarrollo a partir de dos aspectos bien definidos: a) el modelo de datos lógico del dominio y b) las operaciones que se llevan a cabo entre SIG que pueden implementarse como SOA.

Este artículo se estructura como sigue: en la sección 2 se expone el marco teórico que acerca al lector a los SIG y a las arquitecturas orientadas a servicios; en la sección 3 se hace una recopilación de los avances en interoperabilidad entre SIG y se justifica el aporte del artículo; en la sección 4 se presenta el modelo de datos definido, así como las operaciones entre SIG mediante su representación con esquemas preconceptuales y, finalmente, en la sección 5 se sintetizan las conclusiones y se plantea el trabajo futuro.

2. Marco teórico

2.1. Los sistemas de información geográfica

Los SIG son programas diseñados para almacenar, procesar, analizar y desplegar información que se referencia geográficamente, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. Un SIG permite separar la información en diferentes capas temáticas (véase la figura 1) y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos (Bolstad, 2005; Burrough & McDonnell, 1998).

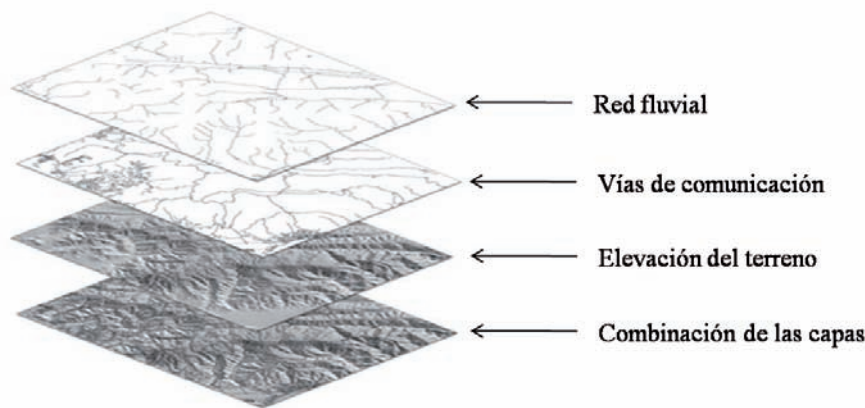


Figure 1. Ejemplo de capas de información en un SIG (De Smith *et al.*, 2007)

En un SIG existen dos modelos de datos básicos que cuentan con aceptación en la comunidad SIG (Giannecchini *et al.*, 2006): el modelo de datos *Raster* y el modelo de datos *Vectorial*. En el primero, las características geográficas se representan usando celdas discretas, generalmente cuadradas, organizadas en una matriz bidimensional de datos; y en el segundo, la información es representada a través de figuras geométricas, centrando la precisión en la forma y localización de los objetos. La información que se asocia con cada geometría se almacena en la fila de una tabla, normalmente llamada *tabla de atributos* (De Smith *et al.*, 2006).

2.2. La arquitectura orientada a servicios

La arquitectura orientada a servicios (SOA) es un estilo arquitectónico para la construcción de aplicaciones de software que utilizan los servicios disponibles en una red, como la web (Diao & Ma, 2008). El W3C la define como un conjunto de componentes que pueden ser invocados, y cuya interfaz de descripciones se puede publicar y descubrir. Su objetivo es permitir que las actividades de negocio puedan ser orquestadas como componentes de aplicaciones (W3C, 2010).

La SOA se basa en cuatro abstracciones básicas: servicios, aplicaciones *front-end*, repositorio de

servicios y bus de servicios. Un servicio consiste en una implementación que provee lógica de negocio y datos, un contrato de servicio, las restricciones para el consumidor, y una interfaz que expone físicamente la funcionalidad (ver figura 2). Las aplicaciones *front-end* consumen los servicios formando procesos de negocios. Un repositorio de servicios almacena los contratos de servicios y el bus de servicios interconecta las aplicaciones *front-end* y los servicios (Mahmoud, 2005).

Los servicios representan grupos lógicos de operaciones relacionadas con algún concepto del negocio. Por su parte, los procesos del negocio se realizan en servicios orientados a procesos que se componen de secuencias definidas de invocaciones a servicios, mediante una orquestación de los mismos en lo que se conoce como coreografías de servicios. Un *business process management system* (BPMS) es el aliado ideal para definir esta orquestación desde dónde invocar los servicios necesarios para realizar el proceso establecido. El término *business process management* (BPM) se refiere al conjunto de actividades que se realizan para optimizar o adaptar sus procesos de negocio a las nuevas necesidades organizacionales. Como en general están soportadas por herramientas de software, el término BPM es utilizado indistintamente para referirse a las herramientas y a las actividades (Mahmoud, 2005).

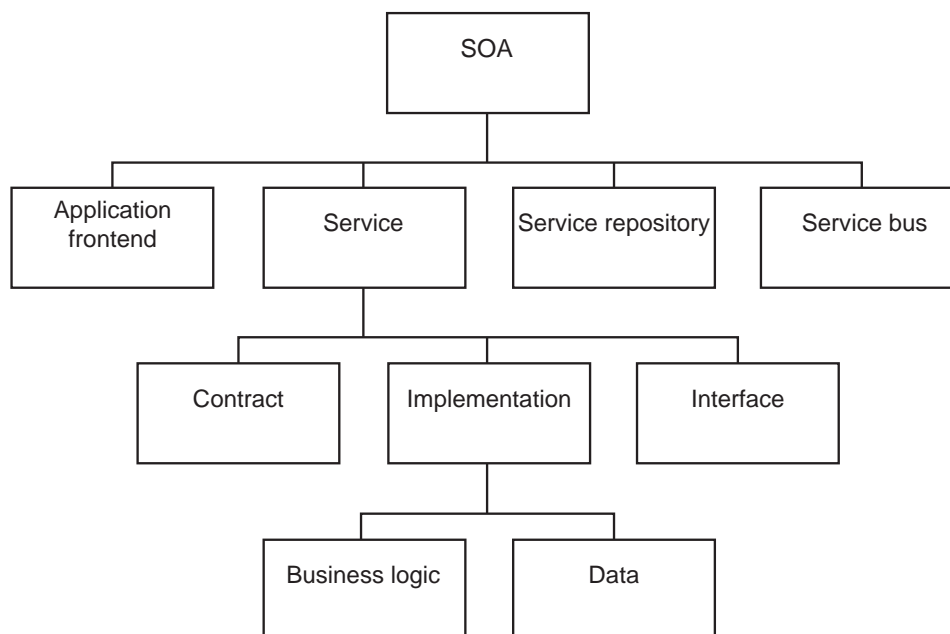


Figure 2. Vista tecnológica de los diferentes aspectos de la SOA

3. Antecedentes de la interoperabilidad entre SIG

Las principales propuestas y enfoques para la solución de la interoperabilidad, están dadas a partir de la propuesta de estándares y desarrollo de servicios web. El Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC, 2010) es una organización internacional sin ánimo de lucro que está liderando el desarrollo de estándares para servicios basados en datos geoespaciales.

Percivall (2000) presenta los avances en interoperabilidad a través de la definición de estándares al interior del OGC. Para ello, especifica las interfaces WMS (*Web Map Service*), WFS (*Web Feature Service*) y WCS (*Web Coverage Service*), destinadas al transporte de mapas completos, objetos vectoriales y objetos tipo raster, respectivamente.

Giannecchini *et al.* (2006) realiza una nueva revisión de los estándares OGC e ISO en el año 2006. Aquí, expone un modelo de referencia en donde se presentan elementos novedosos con

respecto a Percivall (2000) como es el manejo de metadatos y el soporte para la definición de estilos y modelos para el proceso de renderizado. También, expone una arquitectura en capas para propiciar la fusión de información obtenida de fuentes de datos heterogéneas. Acá, se incluye un elemento de sumo interés: el catálogo de servicios que facilita el descubrimiento de nueva información en la web.

La solución a la interoperabilidad por medio de la definición de estándares, como lo muestran Percivall (2000) y Giannecchini *et al.* (2006), deja una gran limitante para aquellos sistemas de interoperación que cuentan con protocolos diferentes a los que definen el OGC y la International Organization for Standardization (ISO), como es el caso en el que un sistema implementa estándares OPeNDAP (*Open-source Project for a Network Data Access Protocol*) (McDonald *et al.*, 2006).

Ante esta situación McDonald *et al.* (2006) y Hu *et al.* (2008) proponen un método para posibilitar la interoperabilidad entre sistemas implementados bajo protocolos OGC y OPeNDAP. Esto nace porque los grupos científicos relacio-

nados con la atmósfera y el océano utilizan en su mayoría datos soportados por estándares OPeNDAP, mientras que la comunidad de ciencias de la tierra utiliza las especificaciones del OGC. Así, al querer tener la integración de proyectos de ambos dominios, se hace necesario propiciar la interoperabilidad entre sus sistemas. Aquí, los autores deciden solucionar este problema creando un *gateway* por cada dirección de requerimiento de los servicios, es decir, un *gateway* para permitir la interoperabilidad entre clientes que implementan protocolos OPeNDAP y servidores que implementan protocolos OGC y otro para que clientes OGC puedan acceder a los servicios de un servidor que implementa protocolos OPeNDAP. Esta aproximación es de gran utilidad, pero sigue limitada, pues la interoperabilidad se reduce a los sistemas que implementan los dos estándares mencionados.

Adicionalmente otros autores han realizado propuestas basadas en el desarrollo de arquitecturas orientadas a servicios. Teniendo en cuenta el modelo OWS (*OGC Web Services*), Zhang *et al.* (2007) construyen una capa de integración de aplicación, una capa de gestión de aplicación web, una capa de registro de servicios y una capa de almacenamiento de datos espaciales GML (*Geography Markup Language*) para un framework de interoperabilidad espacial. En el artículo se establecen mecanismos de generación SOAP (*Simple Object Access Protocol*), de descripción WSDL (*Web Services Description Language*) y de registro de servicios UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*) para servicios espaciales GML y se proveen plantillas para la interoperabilidad de servicios web espaciales.

Ma *et al.* (2008) plantean que la aplicación de SOA para SIG puede mejorar la interoperabilidad de estos sistemas. Con este principio, presentan una solución que aplica SOA y *Business Process Execution Language* (BPEL) para orquestar los servicios web con el fin de obtener un mapa web personalizado.

Paul *et al.* (2006) proponen una arquitectura para la integración de diversos repositorios de datos espaciales para aplicaciones geográficas usando un servicio orientado a arquitectura

(SOA). La arquitectura propuesta utiliza una ontología central de repositorios de datos para el procesamiento de consultas sin fisuras a través de fuentes de datos heterogéneas. Los autores plantean dos niveles de ontologías: de dominio y de aplicación y las incorporan dentro del sistema en el proceso de descubrimiento y recuperación de servicios.

Los trabajos realizados para solucionar el problema de la interoperabilidad entre SIG, se encuentran ligados a la definición de estándares. Como lo muestran McDonald *et al.* (2006) y Hu *et al.* (2008), este enfoque no soluciona el problema, ya que se presentan situaciones de necesidad de interoperar entre SIG con distintos protocolos, generando problemas de compatibilidad. Las soluciones basadas en SOA, mejoran y facilitan la integración; sin embargo, es posible observar que emplean como base precisamente el uso de estándares. Es por eso que se considera pertinente la abstracción del uso de estándares mediante la definición de las características inherentes a los SIG. De esta manera, se podría partir de un trabajo ya realizado en el estudio del dominio, tal como lo hacen los estándares, pero con la ventaja de que no está ligado a ningún elemento diferente a las características propias de los SIG. Esto le daría un punto de partida al desarrollo basado en SOA y en general a la implementación de aplicaciones intermedias cada que se necesite integrar sistemas de información geográfica.

4. Acercamiento al desarrollo de arquitecturas orientadas a servicios en el dominio SIG

La definición de servicios representa una de las cuatro abstracciones básicas SOA. Estos a su vez constan de contrato, interfaz pública e implementación, que incluye la definición del modelo de datos del dominio. Estos aspectos se resaltan en la figura 3 y son analizados en este numeral, específicamente en el dominio SIG, obteniendo una definición a través de esquemas preconceptuales

(Zapata *et al.*, 2006). Estos esquemas representan un punto de partida para la generación de otros modelos en el proceso de análisis como parte del

desarrollo de una arquitectura orientada a servicios, reduciendo el tiempo empleado en el estudio del dominio y del negocio como tal.

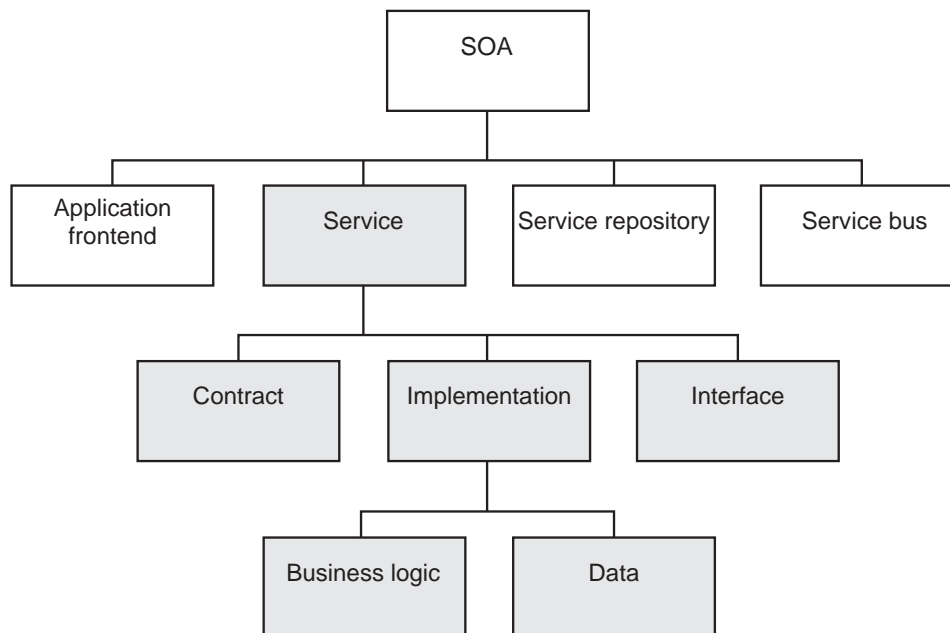


Figure 3. Aspectos SOA intervenidos en el presente trabajo

4.1 El modelo de datos en los SIG

En los SIG existen dos modelos de datos básicos que cuentan con aceptación en la comunidad (Giannecchini *et al.*, 2006): el modelo de datos *Raster* y el modelo de datos *Vectorial*. El primero representa información continua en el espacio, como precipitación, elevación, temperatura, entre otros. Físicamente se trata de una matriz bidimensional de datos. Cada dato es representado por una celda o píxel. El tipo de dato como tal debe tener asociadas las características que se muestran en la tabla 1. A su vez, los vectoriales representan información discreta en el espacio, como los municipios de un departamento, las corrientes de una cuenca, etc. Es un formato que se basa en la geometría de los objetos para representarlos, de manera que sus formas pueden ir desde puntos hasta polígonos. El tipo de datos como tal debe tener asociadas las características que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características de los tipos de datos SIG

RASTER	VECTOR
Nombre	Nombre
Número de filas	Tabla de atributos
Número de columnas	Tipo de geometría (punto, línea, polígono, multipunto, multilínea o multipolígono)
Longitud vertical de cada celda	Sistema de coordenadas
Longitud horizontal de cada celda	
Punto de inicio de pintado	
Código para los valores faltantes	
Unidades de medida	
Tipo de dato	
Sistema de coordenadas	

En la figura 4 se puede visualizar una capa de datos vectorial, en donde se resalta uno de los “ríos” que conforman la capa. La información que se asocia a este río se puede observar como una tupla de datos dentro de la *tabla de atributos*. Por otro lado, la figura 5 muestra la apariencia gráfica de una capa ráster que se visualiza en un

SIG (lado izquierdo) y la información detrás de esta (lado derecho). Se pueden identificar los atributos asociados a una capa de datos ráster: número de filas, número de columnas, punto de inicio de pintado (xllcorner, yllcorner), tamaño de celda y código para los valores faltantes (no_data_value).

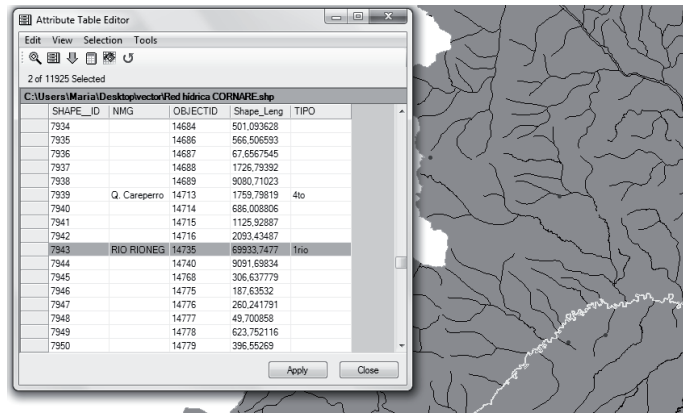
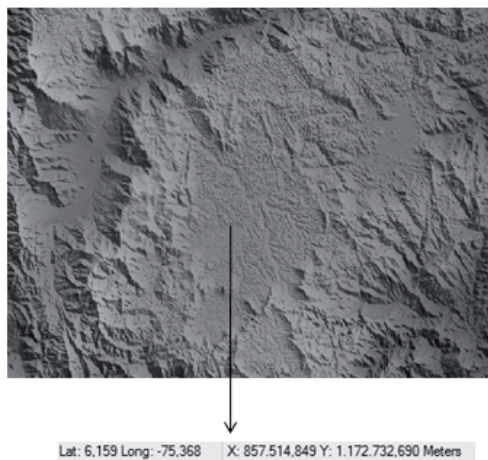


Figure 4. Visualización de información en un SIG usando el tipo de dato vectorial, construida empleando el SIG MapWindow (Aburizaiza & Ames, 2009)

Con base en esta información, es posible establecer un modelo de datos lógico independiente de la estructura física en que está almacenada la información en un SIG, ya sea sobre una base de datos relacional, objeto-relacional, etcétera. En la figura 6, se presenta el modelo de datos a través de las relaciones estructurales definidas en un esquema preconceptual.



```

NCOLS 1426
NROWS 1599
XLLCORNER 820837.24160593
YLLCORNER 1077021.719215
CELLSIZE 92.2181720607223
NODATA_VALUE -9999
2738 2731 2702 2702 2690 2671 2656 2653 2661 2647 2627 2606
2602 2600 2590 2574 2564 2563 2568 2569 2544 2543 2566 2611
2653 2670 2679 2665 2646 2629 2645 2662 2678 2703 2695 2706
2755 2777 2779 2775 2766 2779 2792 2803 2808 2824 2839 2850
2864 2880 2919 2973 3013 3029 3031 3030 3046 3061 3071 3088
3090 3100 3102 3113 3110 3112 3121 3127 3130 3138 3129 3113

PROJCS["Transverse_Mercator",GEOGCS["International 1909
(Hayford)",DATUM["D_unknown",SPHEROID
["intl",6378388,297]],PRIMEM["Greenwich",0],UNIT
["Degree",0.017453292519943295]],PROJECTION
["Transverse_Mercator"],PARAMETER
["latitude_of_origin",4.599047222222222],PARAMETER
["central_meridian",-74.08091666666667],PARAMETER
["scale_factor",1],PARAMETER
["false_easting",1000000],PARAMETER
["false_northing",1000000],UNIT["Meter",1]]
    
```

Figure 5. Visualización de información en un SIG usando el tipo de dato ráster, construida empleando el SIG MapWindow (Aburizaiza & Ames, 2009)

4.2. Operaciones básicas entre SIG

Las operaciones básicas entre SIG que han sido identificadas en el proceso de intercambio de información y procesos se dividen en tres grupos:

a) independientes de los tipos de datos, b) con tipos de datos ráster involucrados y c) con tipos de datos vectoriales involucrados. Las operaciones según los grupos, se pueden visualizar en la tabla 2.

Tabla 2. Operaciones básicas entre SIG

Independientes de los tipos de datos	Tipos de datos ráster involucrados	Tipos de datos vectoriales involucrados
<i>Obtener</i> de cada SIG los objetos involucrados.	<i>Obtener</i> los puntos de inicio de pintado	<i>Establecer</i> el tipo de geometría del vectorial
<i>Obtener</i> de cada SIG el sistema de coordenadas asociado a los objetos involucrados.	<i>Obtener</i> la resolución de los mapas	<i>Obtener</i> los atributos
<i>Clasificar</i> los objetos en ráster o vector	<i>Obtener</i> las unidades de medida del ráster	<i>Identificar</i> correspondencia entre atributos de diferentes vectoriales
	<i>Corregir</i> mapas rezagados	<i>Sincronizar</i> atributos de diferentes vectoriales

La dinámica y orden en que se deben llevar a cabo las operaciones, es decir (en términos de servicios), el orden de orquestación de los servicios, se puede visualizar en la figura 6 a través de las relaciones dinámicas mostradas en el esquema preconceptual.

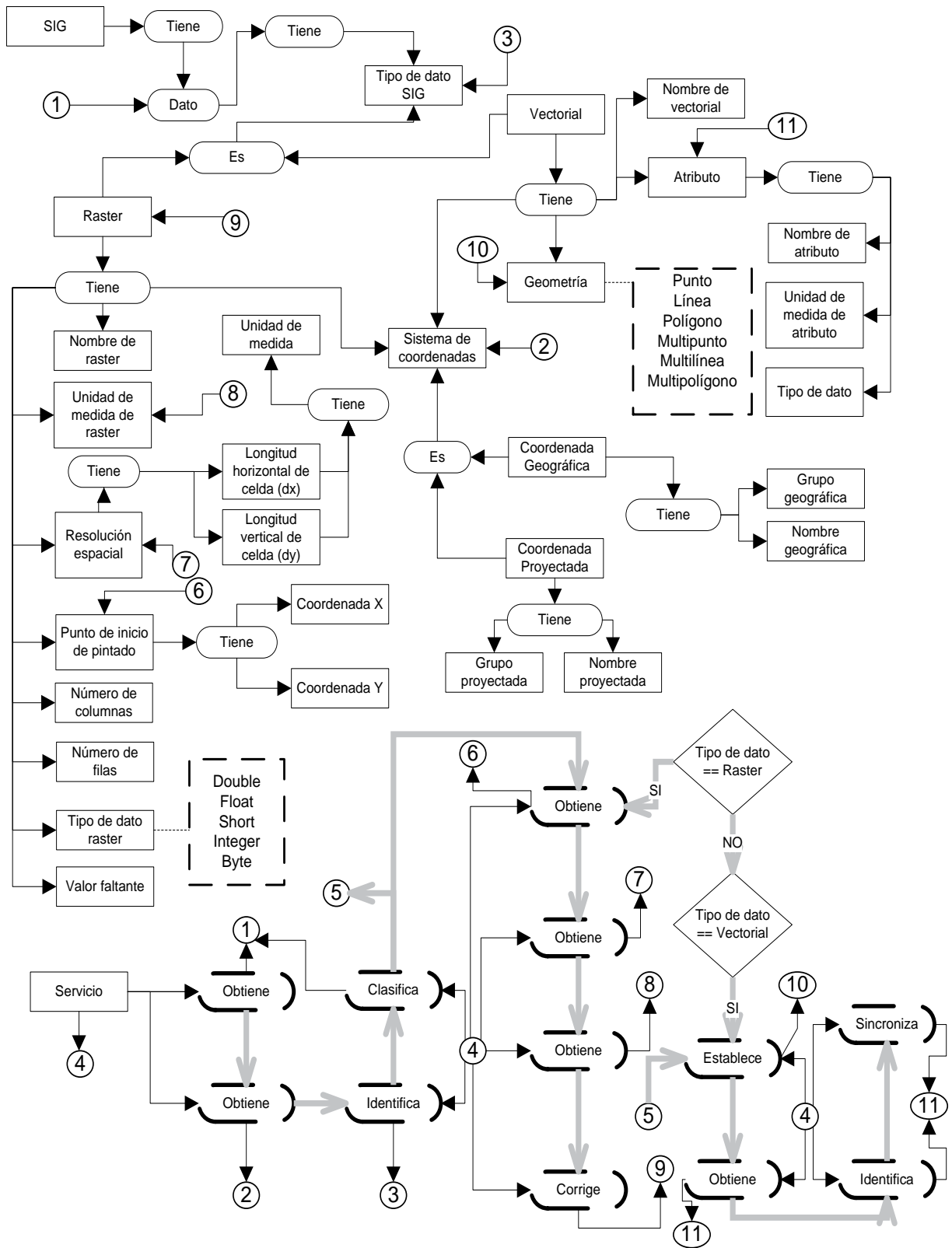


Figure 6. Esquema preconceptual del dominio SIG

5. Conclusiones y trabajo futuro

El desarrollo de arquitecturas orientadas a servicios, con la implementación de estándares, representa en la actualidad la principal manera de propiciar al interoperabilidad entre sistemas de información geográfica. Sin embargo, este trabajo requiere de grandes inversiones de tiempo para llevarse a cabo, pues para ser de utilidad, en la mayoría de los casos se realizan luego del desarrollo de los SIG.

Teniendo en cuenta que los SIG son un dominio bien definido, el establecimiento de lineamientos predefinidos representa una ayuda considerable para cada caso en el que se requiera la integración de SIG mediante arquitecturas SOA. Debido a lo anterior, en este artículo se presentó la definición de las características inherentes a los SIG a través de esquemas preconceptuales. De esta manera se podrá partir de un trabajo ya realizado en el estudio del dominio, tal como lo hacen los estándares, pero con la ventaja de que no está ligado a ningún elemento diferente a las características propias de los SIG. Esto le dará un punto de partida al desarrollo basado en SOA y en general a la implementación de aplicaciones intermedias cada que se necesite integrar SIG.

Se propone como trabajo futuro, robustecer el desarrollo de SOA en el dominio SIG, mediante la integración de ontologías que permitan recuperar la información de los diferentes SIG de una manera más precisa. Además, incluir dentro de los tipos de datos el manejo de series históricas de datos.

Referencias

- [1] Aburizaiza, A. O., & Ames, D. P. (2009). GIS-Enabled Desktop Software Development Paradigms. 2009 International Conference on Advanced Geographic Information Systems & Web Services, 75-79. IEEE. DOI: 10.1109/GEOWS.2009.28.
- [2] Bolstad, P. (2005). GIS Fundamentals: A first text on Geographic Information Systems, 2a. ed. White Bear Lake, MN: Eider Press, 543 pp.
- [3] Burrough, P.A. and McDonnell, R.A. (1998). Principles of geographical information systems. Oxford University Press, Oxford, 327 pp.
- [4] De Smith, M. J., Goodchild, M.F., Longley, P.A. (2007). Geospatial analysis: A comprehensive guide to principles, techniques and software tools”, 2nd edition, 582 pp. Troubador, UK. Disponible en <http://www.spatialanalysisonline.com>.
- [5] Diao, L., & Ma, Y. (2008). A Versatile SOA-based E-Business Platform. 2008 International Symposium on Electronic Commerce and Security, 638-641. IEEE. DOI: 10.1109/ISECS.2008.49.
- [6] Domenico, B., Caron, J., Davis, E., Nativi, S., & Bigagli, L. (2006). GALEON: Standards-based Web Services for Interoperability among Earth Sciences Data Systems. IEEE International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS 2006, 313-316.
- [7] Gianecchini, S., Francesco, S., Nordgren, B., & Desruisseaux, M. (2006). Supporting Interoperable Geospatial Data Fusion by adopting OGC and ISO TC 211 standards. En Information Fusion, 9th International Conference on Information Fusion, 1-8.
- [8] Hu, C., Di, L., Yang, W., Wei, Y., Bai, Y., L, C. L., et al. (2008). Interoperability Middleware between Geoscience and Geospatial Catalog Protocols. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS, 89-92.
- [9] Lewis, G., Morris, E., Simanta, S., & Wrage, L. (2008). Why Standards Are Not Enough to Guarantee End-to-End Interoperability. Seventh International Conference on Composition-Based Software Systems (ICCBSS 2008), 164-173. IEEE. doi: 10.1109/ICCBSS.2008.25.
- [10] Ma, S., Li, M., & Du, W. (2008). Service Composition for GIS. 2008 IEEE Congress on Services - Part I, 168-175. Ieee. doi: 10.1109/SERVICES-1.2008.65.
- [11] Mahmoud, Q. (2005). “Service-Oriented Architecture (SOA) and Web Services: The Road to Enterprise Application Integration”. Sun Developer Network. <http://java.sun.com/developer/technicalArticles/WebServices/soa/index.html>. Visitado: mayo de 2010.
- [12] Mcdonald, K., Enloe, Y., Di, L., & Holloway, D.

- (2006). A Gateway to Support Interoperability of OPeNDAP and OGC Protocols. In Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006. IGARSS 2006. IEEE International Conference on (pp. 301-304).
- [13] OGC, 2010. Open Geospatial Consortium, <http://www.opengeospatial.org/>. Visitado: mayo de 2010.
- [14] Paul, M., Ghosh, S. K., & Acharya, P. (2006). Enterprise Geographic Information System (E-GIS): A Service-based Architecture for Geospatial Data Interoperability. En IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS. IEEE GRSS Press: 229-232.
- [15] Percivall, G. S. (2000). Overview of geographic information standards development. En International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2000 Proceedings: pp. 2096-2098.
- [16] W3C, 2010. World Wide Web Consortium., <http://www.w3.org/2008/11/dd-soa.html#%281%29>, visitado mayo de 2010.
- [17] Zapata, C. M., Gelbukh, A., & Arango, F. (2006). Pre-conceptual Schema: a Conceptual-Graph-like Knowledge Representation for Requirements Elicitation. Lecture Notes in Computer Science, 4293, 17-27.
- [18] Zhang, S., Gan, J., Miao, L., Lv, G., & Huang, J. (2007). Study on GML Spatial Interoperability based on Web Service 2 OGC Web Service Interoperability Model Interoperability Framework Based Web. Computer Software and Applications Conference, 2007. COMPSAC 2007. 31st Annual International, 1, 649-656.