

**Solución Geomática para escenarios locales basados en el estándar del consorcio de OPENGIS**



Torres Quijije, Ángel Iván  
Bajaña Zajia, Johnny Xavier



# **Solución Geomática para escenarios locales basados en el estándar del consorcio de OPENGIS**

**Torres Quijije, Ángel Iván  
Bajaña Zajia, Johnny Xavier**

**Torres Quijije, Ángel Iván  
Bajaña Zajia, Johnny Xavier**

**Solución Geomática para escenarios  
locales basados en el estándar del  
consorcio de OPENGIS**

Título original: Solución Geomática para escenarios  
locales basados en el estándar del  
consorcio de OPENGIS

Primera edición: marzo 2020

© 2020, Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Torres Quijije, Ángel Iván  
Bajaña Zajia, Johnny Xavier

Publicado por acuerdo con los autores.  
© 2020, Editorial Grupo Compás.  
Segundo Congreso Internacional de Sociedad y Tecnología  
de la información en la Educación Superior  
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus  
textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares  
externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el  
ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y  
favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las  
sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o  
parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la  
portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus  
medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de  
grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del  
copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador

ISBN: 978-9942-33-203-5

Cita.

A. Torres, J. Bajaña (2020) Solución Geomática para escenarios locales basados en el estándar del consorcio de OPENGIS, Editorial Grupo Compás, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Guayaquil Ecuador, 68 pag

## ÍNDICE

Ubicación y desarrollo del problema .....	5
Sistema de Información Geográfica (SIG).....	10
Geomática.....	13
Campo de prueba de la Cartografía en Web del OGC.....	14
Servidores de mapas.....	15
Clasificación de los servidores de mapas .....	18
Interfases básicas de un Servidor de Mapas .....	19
Cliente servidor de mapas .....	21
Especificaciones de Implementación de Servicios de OpenGIS.....	22
Sistema de Información Geográfica (SIG) .....	23
Características de un Sistema de Información Geográfica.....	26
Sistemas de Información Geográfica en Web .....	26
Modelo de datos.....	28
Base de Datos de un SIG Vectorial .....	29
Componente espacial de un SIG Vectorial.....	30
Sistema de referencia espacial .....	32
Componente temática de un SIG Vectorial. ....	33
Representación y entrada de la Información. ....	34
Creación y clasificación de Grupos Informativos .....	37
Gestión de la Información Espacial. ....	39
Búsqueda espacial rápida. ....	42
Consultas Espaciales y Temáticas. ....	43
Plataformas de Desarrollo de SIG.....	44
Información Geográfica Distribuida .....	46
Visualización Científica y Cartografía en la Web.....	47
Acceso a las bases de datos .....	50
PostGIS: .....	50
Base de Información Geográfica (BIG).....	52
Especificaciones de la solución geomática.....	53
Proceso de instalación.....	53
Implementación de la extensión de Generación de mapas temáticos .....	54
Modelo de Datos.....	55
Condiciones mínimas.....	55
Modelo de Datos.....	56
Creación de escenarios .....	58
Instructivo de funcionamiento .....	59
Ubicación y descripción de la información empírica pertinente a la hipótesis.....	61
Bibliografía .....	65

## INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de los tiempos el hombre ha querido saber dónde se encuentra ubicado, que le abordaba tras el próximo horizonte, el descubrimiento de nuevos territorios lo representaba gráficamente y esto le servía para planificar y gestionar o sencillamente para reivindicar su propiedad. A medida que ha progresado el conocimiento del mundo, también ha evolucionado la capacidad de comunicar a los demás la información geográfica que se ha tenido que representar de manera inteligente. Los distintos tipos de mapas o cartas se idearon para registrar y transmitir las características de la superficie terrestre, basando sus descripciones en una teoría matemática cada vez con un grado de precisión mayor, con esta base científica el grafismo y las técnicas de comunicación permiten diseñar el mundo real sobre una superficie plana con alto grado de eficacia, en la actualidad los mapas reflejan con fidelidad los acontecimientos tal como se presentan en un determinado momento, a medida que estos evolucionan se puede conocer con detalle el desarrollo de distintos fenómenos perceptibles sólo a largo plazo, esto permite valorar los retrocesos de selvas y bosques, el avance de los desiertos, los procesos de erosión, si se aplican modelos matemáticos se puede predecir su evolución.

El volumen de datos de manera exhaustiva y continua se obtiene y procesa de la superficie del planeta está permitiendo monitorizar sus parámetros vitales, correlacionar sus fenómenos, comprender su comportamiento y



pronosticar y tratar sus anomalías. Dentro del contexto, la geomática se está convirtiendo en una extraordinaria herramienta de gestión y decisión para planificar y ordenar el presente y futuro de la ocupación de la tierra por el hombre.

Para superficies de acceso complejo o extensiones grandes, se hace necesaria la utilización de la geomática, que apoyado en fotografías puede conseguir dimensiones exactas de la zona de estudio.

Los estudiantes de Aplicaciones Informáticas de la Unidad Educativa Eloy Alfaro, requieren obtener mapas temáticos con datos culturales, monumentos, lugares turísticos, escuelas, colegios, hospitales, entre otros, la geomática se convierte en una herramienta de propósito general por la gama de elementos que se pueden acoplar en la investigación.

## **Ubicación y desarrollo del problema**

El estudio se desarrolló en la Unidad Educativa “Eloy Alfaro”, quien inicia sus actividades educativas en el año de 1981, en jornada vespertina, con 84 alumnos, distribuidos en 2 paralelos, en el local de la Escuela Fiscal “Arnulfo Chávez Miranda”, ubicada en el sector de Playa Grande de la Parroquia Nicolás Infante Díaz, lugar en el que permaneció hasta el mes de noviembre de 1989, a partir de esa fecha se trasladó a los terrenos de propiedad del colegio que fueron donados por la I. Municipalidad de Quevedo, por resolución del consejo del 18 de agosto de 1988, impulsado por el Doctor Nelson Escudero, Rector del Plantel y que en esas época ostentaba el cargo de Concejal del Cantón, sitio en el que se inicia las actividades académicas en aulas de caña guadua y paja toquilla.

De acuerdo a los objetivos estratégicos del Plan Decenal de Educación, implementado por el Ministerio de Educación, está “consolidar una reforma curricular que articule todos los niveles y modalidades del sistema educativo. Acorde a la realidad socio cultural, lingüístico y tecnológico contemporáneo”. Actualmente los estudiantes requieren obtener mapas temáticos para acceder rápidamente a información detallada de aspectos relacionados con la adquisición de datos de culturas, monumentos, lugares turismos, escuelas, colegios, hospitales, entre otros, por ese motivo se hace necesario, en la especialidad de

Aplicaciones Informáticas, la utilización de la geomática para acceder a este tipo de investigación.

Por lo expuesto la Unidad Educativa Eloy Alfaro, tiene la imperiosa necesidad de implementar soluciones tecnológicas acorde a las carreras técnicas que oferta la institución y así reforzar los conocimientos de sus estudiantes, Aplicaciones Informáticas obtendrá el reconocimiento la sociedad.

A nivel mundial la geomática educativa, presenta portales, como el desarrollado por la NASA, que ofrece información actualizada de los diferentes satélites de teledetección operados por la Agencia espacial norteamericana.

La web de la NASA, permite seguir la trayectoria de cada satélite de observación de la Tierra, así como escoger distintos puntos de vista en 3D de su órbita, orientando la perspectiva de visualización del satélite mediante el ratón. El desplazamiento de cada satélite se puede observar a diferentes velocidades e incluso en tiempo real, este recurso educativo actualiza los materiales curriculares de introducción a la teledetección (Vivancos, 2001).

Sin embargo uno de los inconvenientes al momento de acceder a esta plataforma es que únicamente está disponible en el idioma inglés, y depende de la NASA su publicación y cuando lo desean difundir, lo cual se convierte en desventaja al momento de obtener información para los estudiantes de Aplicaciones Informáticas de la Unidad Educativa Eloy Alfaro.

A nivel nacional, de acuerdo al Senescyt, mediante la publicación “Logros Proyecto Prometeo 2014”, María Ester González, Ph.D. en Geografía de la Universidad de las Fuerzas Armadas, presentó un proyecto que se enfoca en la capacitación de equipos de investigación y docentes sobre la aplicación de nuevas tecnologías en la enseñanza de la Geomática (PROMETEO, 2014)

El Consorcio OpenGIS<sup>1</sup> emana de los grupos de trabajo que definieron y estandarizaron en sus orígenes (años 80) el mundo de los Sistemas de Información Geográfica. Se formalizó posteriormente en el año 1994 como consorcio. Actualmente pertenecen socios Industriales, Gubernamentales, Universitarios y los propios socios fundadores. La principal misión del consorcio ha sido intentar estandarizar los servicios relacionados con la geografía en entornos distribuidos. Para ello han elaborado una serie de especificaciones abstractas que satisfacen el primer nivel de las necesidades propias de los SIG: interpretación de los datos geográficos (Morales, 2015).

Algunos servicios estandarizados son: los Servicios de Mapas (WMS, siglas en inglés de *Web Map Services*), los servicios de objetos (WFS, siglas en inglés de *Web Feature Service*) y los servicios de coberturas (WCS, siglas en inglés de *Web Coverage Service*). Los miembros del OGC también han estado trabajando en la especificación de servicios de mayor nivel como servicios de geocodificación (*Geocoders*, *Gazetteers*, etc.) y el lenguaje para la representación e intercambio de los datos GML (*Geographic Mark Language*).

---

<sup>1</sup> OpenGIS Consortium (OGC)

En el OGC existe un grupo dedicado a la especificación de la interfaz del catálogo de metadatos. La arquitectura que están utilizando en el OGC define un número elevado de servicios, algunos de los cuales están sin especificar, todo ello con el objetivo final de permitir el ensamblado de los servicios en entornos distribuidos. Para poder satisfacer este requisito hace falta que los servicios sean interoperables (Morales, 2015)

Las especificaciones del OGC más consolidadas y validadas son: WMS y WFS. Algunas de estas especificaciones datan de los años 90 y están definidas de forma que el servicio se ofrezca a través del protocolo HTTP con una notación de parámetros orientada a un script o cgi. Todos los servicios poseen un método por el que se describe las capacidades del mismo en forma de fichero marcado en XML. Recientemente ha surgido un grupo de trabajo en el OGC cuyo objetivo es analizar las tendencias del software en los entornos de los Servicios Web, para decidir las directrices futuras de las especificaciones de los servicios del OGC para proporcionar la interoperabilidad (Morales, 2015).

Ha recibido el nombre de OWS (OpenGIS Web Services) y se apoya en la norma ISO-19119 para los SIG. La misión de las comisiones técnicas del OGC consiste en el consenso de propuestas, asociadas a los servicios relacionados con el tratamiento de la información geográfica en entornos distribuidos (Morales, 2015).

La Unidad Educativa Eloy Alfaro de la ciudad de Quevedo desarrolla sus actividades académicas con la aplicación de

tecnologías básicas como el uso de computadoras con acceso a internet; pero, no cuenta con una herramienta informática que explote los recursos basados en la geomática, se requiere la implementación de un software que sea utilizada como herramienta para aportar al mejoramiento del proceso de autoenseñanza

La presente investigación facilita el aprendizaje de los docentes de la especialidad de Aplicaciones Informáticas, a través de la presentación de una solución geomática local que permita obtener mapas de propósito general.

El país no dispone en estos momentos de software y herramientas propias que permitan la inserción eficiente en el mundo de la georeferenciación de información y su publicación en Internet; y la adquisición de las aplicaciones profesionales para ello, se hacen en extremo difícil por su costo monetario, ya que la mayoría de ellos son de manufactura norteamericana.

Además, se hace necesario introducir otro de los elementos que hoy se aplica universalmente, el cual consiste en la interoperabilidad de la información, los procesos y las aplicaciones, que rige el desarrollo de los nuevos productos de software, base sobre la que se han elaborado estándares y especificaciones públicas para desarrolladores.

Los programas se utilizan básicamente en proyectos para la gestión de información geográfica, pero también es una herramienta para la generación de determinado tipo de mapas temáticos que ofrecen distintas visualizaciones de un

mismo modelo de un fenómeno geográfico, su uso representa un excelente sistema de apoyo a la toma de decisiones. Uno de los ejemplos más característico del Sistema de Información Geográfico es el catastro, la obtención y actualización del enorme volumen de datos que supone la actividad catastral para inventariar y gestionar la propiedad de una ciudad, supone una de las tareas más complejas y costosa que se aborda desde la geomática. Desde mapas de zonas urbanas a otras rústicas, el catastro abarca la realidad territorial en múltiples aspectos, edificaciones, red vial, cultivos, derecho de propiedad.

Por tanto el problema que resuelve el trabajo es la aplicación de la geomática para escenarios locales, lo cual se convierte en una nueva herramienta basada en los estándares del Consorcio internacional OpenGIS y presentar estos como imágenes de mapas o documentos en formatos interoperables. El resultado, desarrollado dentro del campo de prueba de OGC para los servicios Web, soporta la presentación de reportes de las diferentes bases de información geográfica disponibles en el país, la implementación de métodos estándares de acceso y transferencia de información geográfica y el aseguramiento de los diferentes servicios que están surgiendo y se vienen implementando en el ambiente Web y sobre las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

### **Sistema de Información Geográfica (SIG).**

“Un Sistema de Información Geográfica es un tipo especializado de base de datos, que se caracteriza por su

capacidad de manejar datos gráficos, decir, espacialmente referenciados, los cuales se pueden representar gráficamente como imágenes" (BRACKEN, 1990).

La tecnología actual, en particular la informática, permite desarrollar sistemas automatizados de información de gran capacidad; en este ámbito, se han generado herramientas para la manipulación computarizada interactiva de mapas u objetos que tienen atributos espaciales, estos se denominan Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuya característica primordial es que permiten conservar la referencia territorial de la información (Burrough, 1990).

Ligados en sus orígenes al manejo de grandes bases de datos y a la cartografía automatizada, los SIG han desbordado esos campos y situado su función en el manejo y análisis de la información que los define. Al respecto, se ha señalado que "los SIG son resultado de la amalgama de desarrollos de cómputo llevados a cabo por diversas disciplinas y técnicas relacionadas con el procesamiento de datos espaciales (cartografía, fotogrametría, tecnología de sensores remotos, geometría computacional, representación gráfica, entre otros)" (Burrough, 1990).

La Visualización Científica significa encontrar una apropiada representación visual para un conjunto de datos dado, con el objetivo de permitir un análisis y evaluación más eficaz de los datos; lo cual simplifica el análisis, el entendimiento y la comunicación de los modelos, conceptos y los datos; con la perspectiva de facilitar a los usuarios no solo el ver sino



también reconocer, entender y evaluar los datos (Theisel, 2000).

Los diseños cuasiexperimentales son una derivación de los estudios experimentales, en los cuales la asignación de los pacientes no es aleatoria aunque el factor de exposición es manipulado por el investigador (Segura, 2003)

Experimentos naturales: Son los experimentos que se desarrollan en la población sin que medie ningún tipo de intervención intencionada. La intervención ocurre de manera natural o circunstancial y luego se evalúa con el fin de evaluar el efecto de la intervención no intencionada (Segura, 2003).

Estudios con controles históricos: Este estudio consiste en comparar el tratamiento con un grupo que había sido tratado con otro tipo de intervención en el pasado (Segura, 2003).

Estudios post-intervención: Es una forma de evaluar una intervención y consiste en realizar observaciones posteriores a la utilización de una medida de intervención. Tiene la limitación de no tener información previa sobre el conocimiento del tema por parte de los participantes (Segura, 2003).

Estudios antes/después: Este estudio establece una medición previa a la intervención y otra posterior. Además, puede incluir un grupo de comparación que no reciba la

intervención y que se evalúa también antes y después con el fin de medir otras variables externas que cambien el efecto esperado por razones distintas a la intervención (Segura, 2003).

## **Geomática**

El término geomática fue creado por Michel Paradis un agrimensor - geómetra quebequés que fue el primero que propone este término en un artículo publicado en 1981 en la revista *Le géomètre canadien* y en abril de 1982 en una conferencia pronunciada en calidad de conferenciante invitado al congreso del centenario de la Asociación canadiense de agrimensura. El autor sostenía allí que a la salida del siglo XX las necesidades en informaciones geográficas tomarían una amplitud sin precedente en la historia y que para responder a eso adecuadamente, se volvía necesario integrar en una nueva disciplina, las disciplinas tradicionales de la agrimensura con los medios y los métodos modernos de captación, de tratamiento, de almacenamiento y de difusión de los datos (Paradis, 1981).

"Geomática se preocupa de las mediciones, análisis, manejo, extracción y despliegue gráfico de datos espaciales relacionados con las características físicas de la Tierra" (Tom, 2012)

"Geomática es un campo de actividades que, usando una aproximación sistémica, integra todos los medios para adquirir y manejar datos espaciales requeridos como parte

de actividades científicas, administrativas, legales y técnicas que se preocupan de la producción y manejo de información espacial (Geomática, 2000)

"Geomática es un término científico moderno que se refiere a una aproximación integrada de mediciones, análisis y manejo de la descripción y localización de datos de la Tierra, a menudo denominados datos espaciales" (U. S. Geological survey, 1997)

"Geomática es recolección, manejo, análisis y presentación de datos espacialmente referenciados". "Quizás hay una simple respuesta para la pregunta ¿qué es Geomática? GEOMATICA = GEOGRAFIA APLICADA" (GEOMATICS, 2001).

### **Campo de prueba de la Cartografía en Web del OGC.**

El Consorcio OpenGIS que trabaja estrechamente con ISO TC/211 (Geografía/Geomática)<sup>2</sup> ha desarrollado un grupo de especificaciones de interoperabilidad, logrando que las componentes de software operen recíprocamente para acceder a recursos distribuidos y eliminar las barreras impuestas por ambientes de procesamiento heterogéneos y datos de fuentes igualmente heterogéneas (Ariza, 2008).

Durante la iniciativa de este consorcio, *Web Mapping Test* (WMT1), se desarrollaron dos especificaciones:

- *OpenGIS® Web Map Service Implementation Specification.*

---

<sup>2</sup> Geographic information/Geomatics

- *OpenGIS® Geography Markup Language (GML) 2.0 Implementation Specification.*

El documento que define a los WFS, surge como un siguiente paso a esta iniciativa y propone interfaces para describir operaciones de manipulación de datos sobre objetos geográficos usando HTTP como plataforma de cómputo distribuido (Ariza, 2008).

En la actualidad existen aplicaciones comerciales y no-comerciales que implementan WFS de una forma robusta y escalable, en conformidad con el OGC, las que se consideran entidades que desarrollan tecnologías de punta (Ariza, 2008).

### **Servidores de mapas**

El trabajo más importante que se está sistematizando actualmente en el mundo respecto a los Visores de mapas online es el producto del Consorcio OpenGIS, específicamente Web Mapping Testbed Specifications (WMT). Ellos han liberado un conjunto de especificaciones de software que posibilitan que los usuarios puedan combinar capas temáticas de diferentes fuentes y formatos, con un enfoque basado en la interoperabilidad (Ariza, 2008).

El WMT es la primera iniciativa de interoperabilidad planificada que incluye auspiciadores y participantes. A medida que los productores de software geoespacial implementen estos estándares abiertos, los usuarios del Web

fácilmente encontrarán visores, análisis y combinaciones de mapas temáticos para diferentes regiones (Ariza, 2008).

David Schell, presidente de OGC, dijo "Así como crece el valor de los "browsers" del Web con el tamaño del Web, así mismo el valor de un SIG o colección "on-line" de datos geográficos se incrementa con el número de software basados en Web que pueden acceder a estos datos a través de interfases OpenGIS (Ariza, 2008).

Pronto los usuarios de Web, podrán usar sus "browsers" para acceder, ver y explotar los amplios y diversos recursos distribuidos de geoprocésamiento y datos geospaciales en el Web. Esto tendrá un profundo efecto en el mercado para servicios y datos geoespaciales.

Las especificaciones comunes de los "Visores de mapas Web" están basadas en la combinación de protocolos existentes (WWW3, ISO) y otros que se encuentran en fase de desarrollo (que serán formalizados por grupos tales como ISO). Dichas especificaciones ofrecen la única forma de posibilitar la combinación visual de información geográfica distribuida (mapas) y compleja sobre Internet (Ariza, 2008).

Las acciones mínimas que involucra un Visor de mapas Web son las siguientes:

1. Un cliente hace una solicitud a uno o más Servidores de Catálogos (basados en las especificaciones de Servicios de

Catálogos de OpenGIS) para obtener los Urls que contienen la información deseada.

2. Los Servidores de Catálogos retornan URLs y la información acerca de los métodos mediante los cuales puede ser accedida la información de cada URLs.
3. El cliente localiza uno o más servidores que contienen la información deseada (ej., usando la tecnología de servidores de catálogos de OpenGIS), y los invoca simultáneamente.
4. Cada Servidor de Mapa accede a la información solicitada desde éste y la ensambla (*render*) adecuadamente para mostrar una o más capas en un mapa compuesto de muchas capas.
5. Los Servidores de Mapas proveen la información lista-para-mostrar al cliente o clientes, los cuales entonces la muestran. Los clientes pueden mostrar información desde muchas fuentes en una sola ventana.

Las primeras especificaciones de OpenGIS para Visores de Mapas Web especifican los protocolos de solicitud y respuesta para interacciones entre Servidores de Mapas y Clientes basados en Web, y están soportadas sobre las especificaciones ya anteriormente liberadas por OGC, tales como Simple Feature y Catalog Services; así como, los estándares de metadatos de ISO que brindan las bases para construir ambientes abiertos y robustos para visores de mapas Web (Ariza, 2008).

La segunda fase de estas especificaciones centran su atención fundamentalmente en información codificada en XML, trabajo adicional sobre catálogos y servicios de búsqueda y para transportar información codificada en XML a través de Internet. Adicionalmente, las fases futuras de Web Mapping Testbed serán dirigidas a cuestiones relativas a la seguridad y el comercio electrónico entre otros importantes tópicos (Ariza, 2008).

### **Clasificación de los servidores de mapas**

Existen dos formas de clasificación de los servidores de mapas, la primera es teniendo en cuenta el grado de procesamiento que realiza el cliente y la segunda es de acuerdo de la información que se traslada entre el cliente y el servidor. Por otra parte existen 4 etapas de procesamiento que ocurren cuando los datos se mueven desde la fuente de datos hacia display que es donde se hacen visibles para usuario:

1. Filtrado de los elementos geográficos
2. Generación de los elementos a visualizar
3. Conformación de la imagen
4. Visualización

Debido al tipo de información que se mueve entre el cliente y el servidor, la forma en que esta es empaquetada y buscando la forma de utilizar otros términos que dieran una mejor idea del problema las especificaciones OpenGIS definieron 3 casos: el caso Imagen, el caso Elementos Gráficos y el caso Datos.

**Caso Imagen:** Lo que viaja a través de Internet en respuesta a una solicitud del cliente no es más que una imagen de un mapa construida por el servidor y que puede ser una imagen a GIF, JPEG o PNG.

**Caso Elemento Gráfico:** Lo que viaja entre el servidor Web y el cliente es un conjunto empaquetado de elementos individuales, en un sistema de referencia proyectado y con sus atributos de representación. Los formatos de elementos gráficos más usados son SVG y WebCGM.

**Caso Dato:** Da la posibilidad de enviar datos sobre el objeto geográfico del servidor al cliente. La codificación de estos datos mediante XML ha dado como resultado la especificación de implementación de OGC para GML.

### **Interfases básicas de un Servidor de Mapas**

Un Servidor de Mapas debe exponer tres interfases, ellas son: *Capabilities*, *Map* y *FeatureInfo*, Al menos las dos primeras son obligatorias en el proceso de obtención de un Mapa y la tercera aunque es opcional es de gran importancia cuando se habla de desarrollar Sistemas de Información Geográficos basados en Web (Ariza, 2008).

En sentido General las tres interfases anteriores serán expuestas a través de una más general que se nombra "Request" mediante ella se le dirá al servidor que interfaz se está encuestando (Ariza, 2008).



Además ésta interfaz general tiene que llevar como parámetro la versión de servidor de mapas que se solicita y puede o no tener alguna información adicional del usuario (Ariza, 2008).

La interfaz Capabilities es requerida en un servidor de mapas. La misma está diseñada para proveer una lista de que interfases soporta el servidor de Mapas, que capas de mapas puede servir, que formatos y otros detalles (Ariza, 2008).

Un servidor de Mapas debe siempre implementar esta interfaz o asegurarse que existe otro servidor que puede proporcionar la respuesta a una solicitud de esta interfaz. Si no hay medio de que un cliente acceda a la interfaz capabilities entonces el Servidor de Mapas no será un servidor con un buen formato. Internamente un Servidor de Mapas puede escoger entre generar dinámicamente una respuesta a Capabilities o simplemente retornar un fichero XML con la respuesta (Ariza, 2008).

La interfaz Map es de obligatoria implementación y mediante ella se puede obtener el mapa deseado. Esta interfaz está diseñada para proporcionar a los clientes del Servidor de Mapas con imágenes de mapas, posiblemente de múltiples servidores (Ariza, 2008).

Una vez recibida una solicitud de mapa el Servidor debe satisfacerla o generar una excepción acorde a las especificaciones de OpenGis para cada caso de Servidor de Mapas (Ariza, 2008).

El resultado a una solicitud de la interfaz Map de un Servidor de Mapas debe ofrecerse en el formato descrito por el campo FORMAT de la interfaz, de lo contrario debe generarse la excepción correspondiente (Ariza, 2008).

### **Ciente servidor de mapas**

En la cara cliente el visor depende del caso de Servidor de Mapas que se implemente. En este caso en que los mapas del servidor son de tipo imagen cualquier navegador que permita visualizar el formato de imagen que devuelve el servidor puede servir como cliente. Solamente es necesario preparar las consultas adecuadas para que cumplan con las interfases del servidor antes expuestas (Ariza, 2008).

Para poder llegar a comprender las bases teóricas que fundamentan y soportan la creación de las herramientas de publicación de cartografía en Web, es necesario adentrarse en ese mundo, el cual está regido hoy por los lineamientos que traza el Consorcio Internacional OpenGIS. Estos a su vez se expresan en especificaciones de implementación para desarrolladores de aplicaciones, con lo cual se lograría que las producidas sean interoperables.

También es importante conocer elementos básicos relacionados con los Sistemas de Información Geográfica, pues el fin que se persigue es fortalecer en el funcionamiento de los mismos en ambientes Web.

Finalmente es necesario exponer aquellos elementos que muestran las componentes científicas de la visualización de este tipo de información.

### **Especificaciones de Implementación de Servicios de OpenGIS**

El Proceso de Desarrollo de Tecnologías de OGC<sup>3</sup> crea dos tipos de especificaciones: las abstractas y las de implementación. El propósito de las especificaciones abstractas es crear y documentar un modelo conceptual suficiente para permitir la creación de las especificaciones de implementación. Las mismas son plataformas de especificaciones de tecnologías precisas para la implementación de estándares industriales y para la programación de interfaces de aplicación de software.

El OGC usa un proceso de consenso general, que logra entre sus miembros, con el objetivo de lograr las especificaciones para componentes del software relacionados a los Sistemas de Información Geográficas y Geoprocesamiento.

Las Especificaciones Abstractas se desarrollan a través de las actividades de Grupos de Intereses Especiales y los Grupos de Trabajo miembros del consorcio. Éstas se evalúan en el Comité Técnico donde finalmente se logra el acuerdo. Cuando un tema de una especificación abstracta está suficientemente logrado, los miembros de OGC pueden emitir una solicitud de confección de la especificación de implementación. En respuesta se obtiene una primera aproximación de las especificaciones en una plataforma

---

<sup>3</sup> Open GIS Consortium

neutral. Si la especificación de implementación es aceptada por los miembros de OGC, la misma pasa a formar parte del conjunto de especificaciones del consorcio y se prueba su conformidad con software seleccionados por miembros del mismo. Y si se logra la misma, se distingue la especificación con la marca del OGC (Ariza, 2008).

Al disponer de las especificaciones de implementación para desarrolladores, se resuelve el problema de la estandarización de los servicios relacionados con la geografía en entornos distribuidos y la representación de la información geográfica (principalmente cartografía), en una forma común para todos. En la actualidad existe y se usa como estándar de intercambio de información cartográfica en ficheros ASCII: el formato DXF de Autodesk, o los ficheros Shape de ArcInfo cuando se asocia información tabular a las entidades gráficas. Estos han sido utilizados como formatos de intercambio, pero tienen dueño, por lo que para un grupo considerable de desarrolladores de estas tecnologías en el mundo, es muy importante la implementación de sus aplicaciones sobre estas bases de fundamentos tecnológico probados y libres para el uso de todos (Ariza, 2008).

### **Sistema de Información Geográfica (SIG)**

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) permite ver el mundo y lo que hay en él con una perspectiva distinta.

En materia computacional, cuando hablamos de consultas, pensamos en la clásica consulta a la base de datos, haciendo uso de "select" en SQL. Por ejemplo, selecciona todas las ciudades que fueron fundadas entre 1959 y 2005. En

una base de datos con las ciudades y los años en las que fueron fundadas, esta selección nos reportaría las ciudades que fueron fundadas durante el proceso revolucionario (Nicholas, 97).

Pero, ¿qué sucede cuando la consulta que esperamos realizar es sobre la relación geográfica que existe entre los datos? Por ejemplo, queremos seleccionar los ríos que pasan por las ciudades antes seleccionadas, o las que tienen un área superior a 3 kilómetros cuadrados. En este caso, ¿cómo se realiza la consulta?, ¿Cuál sería una forma sencilla para capturar los requerimientos del usuario? Además, si consideramos común los tipos de preguntas anteriores, cabría preguntarse: ¿es necesario contar con un sistema especializado en este tipo de datos?, o ¿Podemos tener acceso remoto a ellos? (Nicholas, 97)

“Los Sistemas de Información Geográfica pueden incluir información física, biológica, cultural, demográfica, o información económica. Son una herramienta valiosa en las ciencias naturales, sociales, medicina y la ingeniería, así como en los negocios y en la planificación” (Nicholas, 97).

Históricamente el concepto de Sistema de Información Geográfica ha recibido varias definiciones por especialistas dedicados al tema. Entre las más sobresalientes encontramos:

“Un Sistema de Información Geográfica es un tipo especializado de base de datos, que se caracteriza por su capacidad de manejar datos gráficos, decir, espacialmente

referenciados, los cuales se pueden representar gráficamente como imágenes" (BRACKEN, 1990).

"Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión" (National Center for Geographic Information and Analysis, 1990)

Estos sistemas nos permiten administrar diferentes recursos (energía, tierra, flora, fauna, por ejemplo), facilitando la planeación de estos recursos y la toma de decisiones. El centro de atención de estos sistemas son los usuarios y sus capacidades analíticas, ya que la efectividad depende de cómo los usuarios puedan requerir la información espacial y en qué forma se presente a ellos (Egenhofer, Interaction with Geographic Information Systems via Spatial Queries, 1990).

En un sentido estricto un SIG es un sistema por computadora capaz de congregar, almacenar, manipular y desplegar información geográficamente referenciada (por ejemplo, datos que son identificados según sus localidades). Un SIG incluye los datos y el personal que lo opera (U. S. Geological survey, 1997).

Se dice que estos sistemas forman una clase distinta de sistemas de información por sus requisitos únicos, ya que deben permitir manipular cualquier dato que pueda ser referenciado por su localidad (Tom, 2012).

## **Características de un Sistema de Información Geográfica**

Se realiza un análisis sobre las características que debe tener un SIG y afirma que para la funcionalidad de estos sistemas son necesarias diferentes características, independientemente del ambiente al que de soporte. Entre estas características destaca el soporte a la toma de decisiones, por medio de módulos especializados (Pissinou, 1993).

Por otro lado, Ramesh Subramanian y Nabil R. Adam concluyen que dentro del conjunto de funcionalidades de un modelo de datos espaciales se deben soportar diferentes características. Entre ellas está la facilidad para representar las relaciones entre los objetos espaciales y la implementación de operadores espaciales tales como "cerca-de," "entre" o "adyacente-a" (Subramanian, 1993).

Otros autores como (Egenhifer, 1996) y (Jansen, 1998) se han dedicado al desarrollo de nuevos modelos que permiten el análisis de datos espaciales, por la importancia que tiene el apoyo a los usuarios durante el proceso de toma de decisiones.

## **Sistemas de Información Geográfica en Web**

La tecnología actual, en particular la informática, permite desarrollar sistemas automatizados de información de gran capacidad; en este ámbito, se han generado herramientas para la manipulación computarizada interactiva de mapas u objetos que tienen atributos espaciales, estos se denominan Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuya

característica primordial es que permiten conservar la referencia territorial de la información (Burrough, 1990).

Ligados en sus orígenes al manejo de grandes bases de datos y a la cartografía automatizada, los SIG han desbordado esos campos y situado su función en el manejo y análisis de la información que los define. Al respecto, se ha señalado que “los SIG son resultado de la amalgama de desarrollos de cómputo llevados a cabo por diversas disciplinas y técnicas relacionadas con el procesamiento de datos espaciales (cartografía, fotogrametría, tecnología de sensores remotos, geometría computacional, representación gráfica, entre otros)” (Burrough, 1990).

Como herramienta técnica desarrollada en el campo del quehacer geográfico, los SIG se han destacado por el hecho de facilitar las tareas básicas características de la Geografía: análisis, integración y síntesis de los procesos espaciales.

Los SIG son instrumentos tecnológicos de capacidades múltiples, diseñados y habilitados para registrar y almacenar información geográfica, a partir de la cual desarrollan y ejecutan la serie de funciones de análisis espacial que los distinguen. Son, en consecuencia, herramientas útiles a todas aquellas labores relacionadas con la planeación, el ordenamiento y la administración de procesos y actividades con clara expresión territorial. Con el empleo de un SIG es posible observar gráficamente la localización de objetos, hechos o fenómenos que tengan una expresión espacio – temporal; por ejemplo, las áreas de influencia, las relaciones



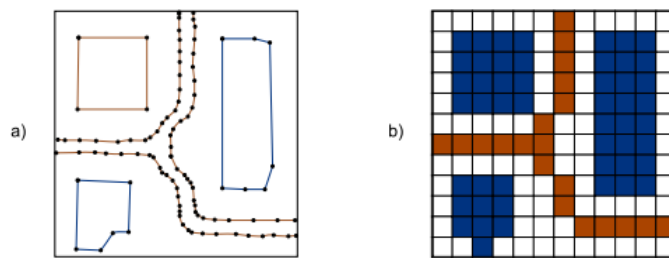
geográficas y las tendencias regionales. Con ello se pueden realizar correlaciones de variables sociales y ambientales, calcular distancias y áreas; diseñar estrategias, construir modelos matemáticos, identificar rutas de acceso o evacuación y estimar las necesidades de equipamiento urbano o de infraestructura en general para una localidad o región.

Los SIG cuentan con facilidades para manipular distintas clases de objetos en forma diferenciada, así como para relacionar las clases entre sí y formar jerarquías de objetos entrelazados. Además de la información geográfica, que incluye localización, morfología y estructura, los objetos geográficos tienen información asociada de carácter no geográfico, organizada en atributos. Para que las bases de datos estadísticas tengan sentido de análisis espacial, deben estar ligadas con las bases de datos geográficas, ya que de no ser así se estaría desperdiciando la potencialidad del SIG y no se aprovecharían las virtudes de la representación territorial.

### **Modelo de datos**

Muchos SIG son organizados como una colección de temas o capas, como se muestra en la figura 1. Cada capa representa los valores de un atributo único del espacio geográfico y puede fragmentarse por espacios, llamados objetos o entidades, los cuales son almacenados en la base de datos (Jansen, 1998).

Figura 1. Colección de Temas o Capas



Autor: Víctor Olaya, Sistemas de Información Geográfica

Para cada entidad geográfica se identifica la geometría y la topología. La geometría se refiere al conjunto de propiedades geométricas como son medidas: relación entre puntos, líneas, ángulos y superficies. La geometría puede ser vectorial (a) o ráster (b).

La geometría vectorial está basada en puntos, líneas y polígonos, los cuales representan el espacio ocupado por entidades del mundo real. La ráster maneja un arreglo de puntos, donde cada punto representa el valor de un atributo por un área del mundo real.

La plataforma creada en este trabajo está limitada a los datos de tipo vectorial y en la actualidad se desarrolla un proyecto para incluirle el manejo de datos en formato ráster.

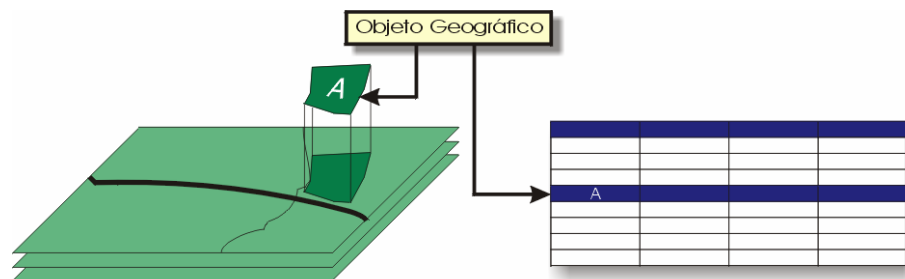
### **Base de Datos de un SIG Vectorial**

Un SIG vectorial está basado en la representación geométrica explícita de la componente espacial de los datos geográficos y, con la descripción digital de sus

características espaciales, llevan asociados un conjunto de aspectos temáticos, véase la figura 2. Algunos almacenan los datos espaciales y tabulares en bases de datos separadas, otra forma es mediante una organización híbrida, tratando ambas partes como una única base de datos (Jansen, 1998).

La interrelación entre las dos componentes se logra por medio de un identificador unívoco para cada objeto geográfico, de esta forma cualquier cambio en una, afecta en alguna medida a la otra (Jansen, 1998).

Figura 2. Componente espacial y temática de la base de datos de un SIG vectorial.



Autor: Víctor Olaya, Sistemas de Información Geográfica

### **Componente espacial de un SIG Vectorial.**

La componente espacial de los datos geográficos tiene como base la figura, siendo una figura la representación abstracta de un fenómeno del mundo real. Las figuras geográficas usualmente almacenan información que determina su posición relativa a las coordenadas terrestres, o relativas a otras. La técnica más común para dar a conocer

la forma y posición de una figura es a través de una geometría.

Una geometría es la combinación de una geometría de coordenadas y un sistema de referencia. La geometría está compuesta por algunos de los siguientes elementos:

1. Una secuencia de puntos coordinados del mismo sistema de referencia.
2. Una colección de otras geometrías pertenecientes al mismo sistema de referencia.
3. Un algoritmo de interpretación (proyección) que usa estas geometrías y puntos coordinados para "construir" una entidad geométrica de coordenadas que define indirectamente la extensión de la geometría en tiempo y espacio. Nótese que las entidades geométricas pueden estar compuestas por otras, y muchas entidades pueden compartir otras como componentes.
4. Un sistema de referencia espacial, que establece una relación entre la geometría de coordenadas y la ubicación, dando a la geometría una interpretación correcta del mundo real.

Las geometrías son figuras representables en un plano como: puntos, segmentos, áreas, o colecciones de ellas. Entre ellas se establece una estrecha interrelación llamada topología. Por ejemplo, un segmento se determina por dos puntos, una

superficie se define como un conjunto de líneas que la limitan. Otras nociones de relación entre geometrías que también pertenecen al concepto de topología son, por ejemplo, adyacencia entre áreas, conectividad entre elementos, interior a un área. Estas relaciones se optimizan si la topología forma un grafo plano, o sea, ningún arco se corta con otro excepto que se encuentren en un vértice o nodo, y ninguna área se corta con otra excepto las que tengan un arco en común.

### **Sistema de referencia espacial**

Las expresiones de relaciones espaciales entre las figuras, y las mediciones de distancia, dependen del conocimiento de una caracterización de las ubicaciones o posiciones. Los sistemas de coordenadas están diseñados para proporcionar una representación sistemática de referencias a posiciones.

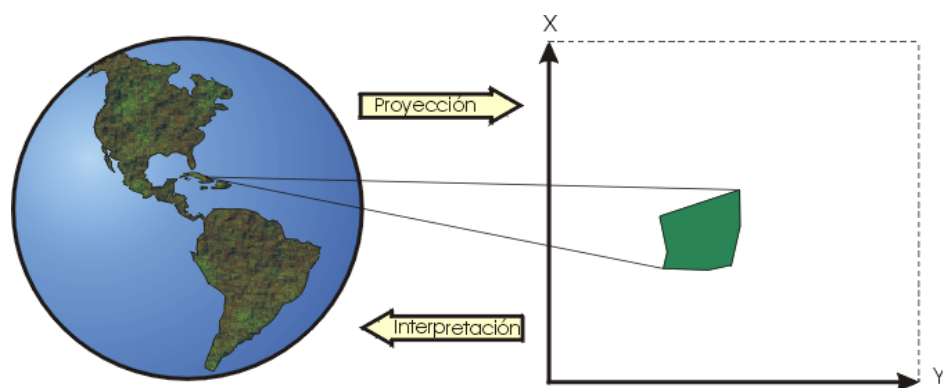
Para los anteriores procesamientos de la información geográfica se requiere de una descripción de la ubicación o posición. La ubicación puede ser especificada a través de una descripción espacial o coordenadas (X: 711124, Y: 740705). Las coordenadas son partes de un sistema de coordenadas: éste puede ser un sistema local con un origen arbitrario, o uno relacionado a un modelo matemático de la Tierra.

Para representar la Tierra en un plano, primeramente hay que proyectar la superficie terrestre sobre la superficie del elipsoide terrestre o esfera terrestre, lo cual se realiza en los procesos geodésicos y levantamientos topográficos; y

posteriormente la representación de la superficie del elipsoide sobre un plano, a través de una proyección cartográfica.

Una proyección cartográfica es un método de representación, determinado matemáticamente, de la superficie del elipsoide o esfera terrestre sobre el plano, estableciendo una dependencia analítica entre las coordenadas geográficas (Latitud, Longitud) de los puntos del elipsoide terrestre y las coordenadas rectangulares (X, Y) de los mismos puntos en el plano como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Sistema de Referencia Espacial.



Autor: Víctor Olaya, Sistemas de Información Geográfica

### **Componente temática de un SIG Vectorial.**

Los Sistemas de Información Geográfica vectoriales tienen un sistema de gestión de bases de datos de los atributos temáticos. Una cuestión importante para diseñar la base de datos es llevar a cabo un análisis previo de la información que se va a incluir, especialmente las relaciones entre los diversos elementos que la integran. Uno de los métodos más

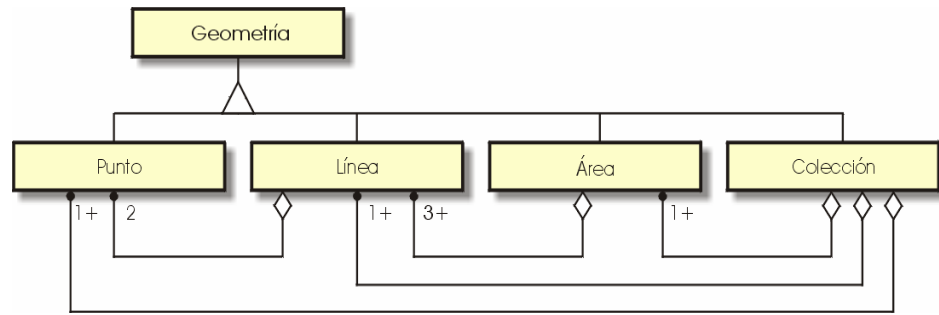
aceptados para el análisis de datos ha sido el llamado entidad-relación.

En un SIG el conjunto de entidades lo integran cualquier hecho que puede ser localizado espacialmente: carreteras, escuelas, hospitales, monumentos. Los atributos son las características asociadas a la entidad, por ejemplo, longitud de la carretera, nombre de la escuela, altura del monumento. Las relaciones son cualquier tipo de interacción que existe entre las entidades.

### **Representación y entrada de la Información.**

Anteriormente explicábamos que en un SIG los fenómenos del mundo real se modelan a través de las figuras, y éstas, a la vez, se representan en forma de geometrías. Existen muchos tipos de geometrías, como muestra la Figura 4, y cada desarrollador toma el conjunto que considera más representativo para modelar los fenómenos reales con la mayor exactitud posible. El conjunto total se clasifica en cuatro grupos: geometrías puntuales, lineales, areales y combinaciones de estos tres.

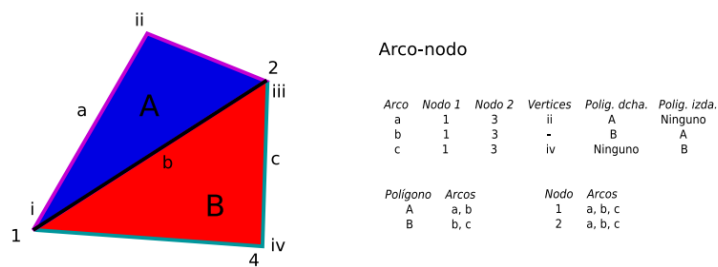
Figura 4. Geometrías.



Autor: Víctor Olaya, Sistemas de Información Geográfica

Considerando la relación topológica entre las geometrías al definir las, un punto es un par coordenado, un segmento se forma entre dos puntos y un área está limitada por segmentos. La estructura de datos más conocida para representar topológicamente las geometrías es ARCO/NODO, para el cual las geometrías básicas reciben los nombres de nodo, arista y área. Esta estructura de datos tiene la ventaja que puede ser almacenada fácilmente en una base de datos relacional.

Figura 5. Estructura de datos ARCO/NODO



Autor: Víctor Olaya, Sistemas de Información Geográfica

Cómo se representa la estructura de datos ARCO/NODO en dos tablas. Nodo tiene como atributos un identificador, el par coordenado de su ubicación y una arista cualquiera que parte o llega a él. La tabla arco tiene como atributos un identificador, los nodos extremos: inicial y final entre los que está comprendido el arco, la próxima arista que incide en cada nodo extremo, tomándola en sentido inverso a las

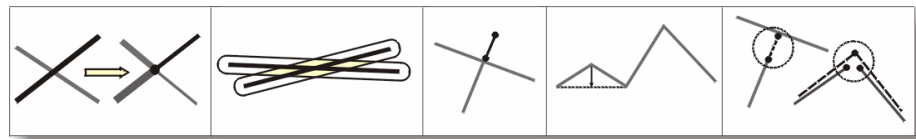


manecillas del reloj y las áreas que se encuentran a ambos lados del arco, tomando como referencia de la posición la dirección del arco.

La introducción de nuevas geometrías al sistema puede hacerse de dos maneras: por la participación directa del usuario al entrar las coordenadas manualmente, o importando un archivo con información espacial. Esta operación puede resultar inexacta y traer redundancias e inconsistencias en la información topológica. La plataforma debe tener entonces la capacidad de depurar la información de forma interactiva y proporcionar herramientas de validación para identificar y arreglar problemas en la topología rápidamente, y antes de cualquier operación de análisis. Esta capacidad se conoce como limpieza de la topología y tiene los siguientes pasos, los cuales se representan en la Figura 6:

1. Segmentar las aristas que se cortan
2. Eliminar las aristas duplicadas o semejantes a otras.
3. Eliminar los fragmentos lineales.
4. Eliminar aristas o segmentos de aristas que no aportan una información significativa.
5. Cerrar aberturas: dos aristas cuyos extremos deben ser el mismo nodo, o una arista cuyo extremo está casi sobre otra arista.

Figura 6. Los cinco pasos de limpieza de la topología.



Autor: Víctor Olaya, Sistemas de Información Geográfica

Terminada la limpieza debe completarse la topología creando las áreas que se forman entre las aristas, para que exista un objeto geográfico que represente algún fenómeno real, y que sea útil en las operaciones de análisis. Por ejemplo, una manzana es, en realidad, el área interior a las aristas que la forman, y no las propias aristas. Esto es necesario por un problema práctico a la hora de enlazar los elementos de la base de datos temática y espacial.

El centroide del área constituye la forma más común de enlazar las áreas con la base de datos temática, aunque no constituye estrictamente una necesidad luego de crear el objeto areal. Sólo resta enlazar los centroides creados con el área correspondiente.

### **Creación y clasificación de Grupos Informativos**

Un SIG que represente un área geográfica no muy extensa posee como promedio miles de elementos gráficos que deben ser clasificados y distribuidos de alguna forma para mayor eficiencia y comodidad del usuario. Tradicionalmente se ha usado el concepto de nivel o capa para agrupar objetos geográficos de la misma naturaleza. Por ejemplo,

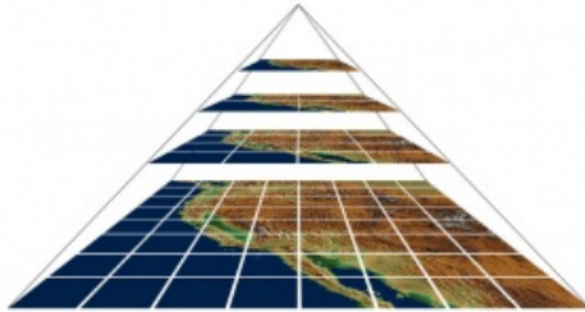
nivel para redes hidrográficas, o para redes viales, nivel para manzanas, parcelas, etc.

Los niveles se disponen en orden, afectando las partes visibles de cada uno: sólo se ve completo el nivel por encima de todos, y parcialmente los inferiores en aquellos lugares que no han sido solapados por objetos de niveles superiores. A voluntad del usuario se puede ocultar (apagar) un nivel cuando no le interese los detalles que contiene, o desee ver completamente una capa solapada por otra.

Se puede representar una región geográfica en varias escalas donde los elementos gráficos pueden tener una gran variedad de tamaños. Consecuentemente, a escalas muy grandes desaparecen los elementos pequeños, o cambian su aspecto. Por ejemplo, en la escala 1:250 000 los edificios de importancia se representan como puntos en el mapa, sin embargo en la escala 1:10 000, se representan las parcelas que forman. Esta dificultad se soluciona asignando al nivel un rango de visibilidad según la escala, y representando los objetos geográficos en niveles diferentes, de rangos complementarios, con figuras correspondientes a la escala. En la Figura 7 se representa un edificio en tres escalas distintas: para 1: 250 000 es visible el nivel A donde el edificio se representa como un punto; en la escala 1: 100 000 continúa visible la misma capa pero con un dibujo diferente. Ya en la escala 1: 10 000 el nivel A no es visible, y aparece el nivel B donde se representa el mismo edificio, pero como una parcela. Note que a pesar de cambiar los

niveles al representar el mismo objeto, las tablas con los atributos temáticos del objeto no cambian.

Figura 7. Efecto del cambio de escala en la representación de las geometrías.



Autor: Víctor Olaya, Sistemas de Información Geográfica

La categoría es una concepción diferente de agrupamiento y superior a la noción de nivel. Consiste en reunir en una capa figuras tomadas de niveles u otras categorías determinadas según un conjunto de atributos espaciales y temáticos especificado, y que reúne objetos geográficos pertenecientes a un mismo concepto o clase. Por ejemplo, tomando los objetos del tipo hospital, policlínico, hogar materno de la capa edificaciones, podemos hacer una generalización creando la categoría centros de salud. Tomando de los objetos del tipo edificios aquellos que están en construcción, podemos hacer una particularización creando la categoría edificios incompletos.

### **Gestión de la Información Espacial.**

La gran cantidad de información que maneja un SIG conduce a la creación de una voluminosa base de datos, inclusive si se almacenara solamente información espacial.

Un manejo deficiente de ella podría traer ineficiencias en el tiempo general de ejecución, siendo muy tedioso para el usuario; sin contar que en general la cantidad de memoria operativa de una computadora está muy limitada. El objetivo de un buen diseño es ofrecer un acceso rápido y eficiente independientemente del volumen de la información que exista.

Dividir en partes equivalentes el volumen resulta un método sencillo, de poco costo y a la vez se obtienen muy buenos resultados. La principal incógnita para llevarlo a cabo consiste en cuál criterio escoger para la fragmentación, que cumpla con nuestro propósito y sin que pierda integridad la base de datos.

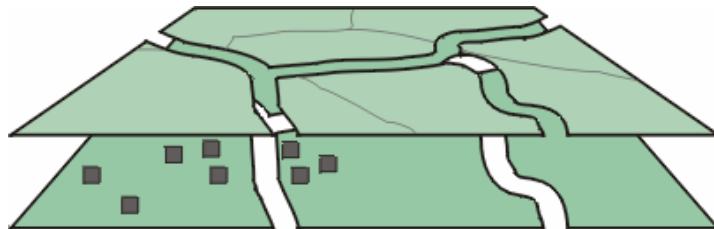
Algunas plataformas de SIG dividen el mapa en rectángulos iguales, semejante a un tablero de ajedrez. Cada rectángulo, llamado hoja, contiene toda la información de las geometrías en sus respectivos niveles, como si constituyera por sí mismo la base de datos espacial. Para localizar en cuál hoja se almacena un conjunto de elementos gráficos específicos, se crea una tabla de índices con la descripción geométrica de cada rectángulo y la localización y nombre del fragmento de la base de datos correspondiente.

Pero como las geometrías no se distribuyen regularmente, en el plano existirán hojas muy cargadas, o un conjunto de hojas casi vacías y por tanto innecesarias. Pero lo más desventajoso es que los límites de las hojas segmentan los objetos gráficos, alterando la topología y fragmentando en

partes un objeto, distribuyéndolas en bases de datos diferentes, lo que provoca mayores dificultades en el mantenimiento y búsqueda de la información.

Aprovechando los elementos lineales que ya existen, se puede dividir el mapa en hojas, Figura 8, con cualquier forma y tamaño, controlar la carga de cada una, y sin segmentar las geometrías. Por ejemplo, para formar los límites de las hojas se pueden aprovechar los límites intermunicipales. Este método exige que la topología sea válida, por tanto, para que la división sea correcta, antes se debe hacer la limpieza de la topología.

Figura 8. División del mapa en hojas



Autor: Víctor Olaya, Sistemas de Información Geográfica

Este método repite elementos (los límites) entre las hojas, pero la cantidad de información redundante es despreciable. También es algo más complejo a la hora de determinar dónde se encuentra una geometría, pero es determinable a través de los operadores espaciales usando el mismo método de la tabla de índices.

## **Búsqueda espacial rápida.**

A pesar de dividir el volumen total de la base de datos, es conveniente implementar algún mecanismo de búsqueda rápida sobre cada hoja para mayor eficiencia con los operadores espaciales. La búsqueda espacial rápida consiste en un algoritmo apoyado en una estructura de datos específica que acelera el proceso de localización de un objeto espacial dentro de una colección grande de ellos.

Este método, también llamado búsqueda geométrica, debe evaluarse siguiendo los siguientes criterios: cuánto tiempo se requiere, el caso promedio como el peor de los casos para responder a una búsqueda simple; la cantidad de memoria para almacenar la estructura de datos; el tiempo para preparar y llenar y dejar lista la estructura de datos, y el tiempo para añadir o quitar un elemento en la estructura de datos.

Lograr el éxito en la búsqueda, depende de la habilidad de reducir rápidamente el conjunto de elementos. Los mejores métodos que se conocen se basan en la división del plano (semejante a la división que se hace en hojas para minimizar el conjunto de búsqueda), y la búsqueda binaria. Los métodos hash y quadtree constituyen un ejemplo de la primera clase, y los métodos del polígono y árboles binarios multidimensionales del segundo.

### **Consultas Espaciales y Temáticas.**

El análisis espacial agrupa un conjunto de operaciones orientadas al estudio de las características espaciales de los datos geográficos. La mayor parte de los análisis espaciales, se desarrollan teniendo en cuenta sólo las características geométricas del fenómeno geográfico, sin considerar los atributos temáticos asociados a ellos. Entre las operaciones más usadas están:

- Mediciones: distancia entre dos geometrías, longitud de una secuencia de líneas, calcular el área y perímetro de un polígono.
- Operaciones de cercado: dada una geometría de selección, obtener las que se encuentran totalmente dentro, las que están dentro y la solapan, las que están dentro y cortar las que la solapan, las que están fuera.
- Operadores de redes: determinar entre dos puntos: si existe un camino, el camino óptimo, los posibles caminos.
- Operadores generales: dada una geometría de selección, obtener las que la tocan, cruzan, la contienen, la zona de buffer, la envoltura convexa. También determinar dadas dos geometrías la unión, intersección, si se cortan o cruzan.

La mayoría de los SIG almacenan los datos temáticos en bases de datos relacionales, y adoptan como lenguaje de



consulta el SQL. A través de éste se formulan preguntas (condición aritmética o lógica) referidas a los atributos temáticos para obtener en forma de tablas la información de los objetos geográficos que cumplan con una condición dada.

Una herramienta de análisis muy eficaz se logra mediante la combinación del análisis espacial y el temático. A los operadores brindados por el SQL se le suman los operadores espaciales, y de esta forma se pueden formular preguntas tales como:

- Desde una estación de bomberos determinar la vía más rápida de llegar al incendio teniendo en cuenta las pautas de circulación, el tráfico, los posibles obstáculos.
- Determinar en cuáles municipios del país la línea férrea central se cruza con la carretera central o la autopista nacional.

### **Plataformas de Desarrollo de SIG**

Las plataformas para el desarrollo de un SIG son aquellas aplicaciones con las siguientes capacidades:

- Entrada de información: son los procedimientos que permiten convertir la información geográfica del formato analógico, el habitual en el mundo real, al formato digital que puede manejar el ordenador. Aquí se incluyen los procedimientos que permiten eliminar errores o redundancias en la información incorporada a la base de datos espacial.

- Representación gráfica y cartográfica de la información: se refiere a las actividades que sirven para mostrar al usuario los datos incorporados en la base de datos del SIG, y los resultados de las operaciones analíticas realizados sobre ellos. Permiten obtener mapas, gráficos, tablas numéricas y otro tipo de resultados en diferentes soportes: pantallas gráficas, papel u otros.
- Gestión de la información espacial: se extraen de la base de datos las porciones que interesan en cada momento, y es posible reorganizar todos los elementos integrados en ella de diversas maneras.
- Las funciones analíticas: o como las llamamos anteriormente, las operaciones de extracción de la información. Son los elementos más característicos de un Sistema de Información Geográfica. Facilitan el procesamiento de los datos integrados en él de modo que sea posible obtener mayor información, y con ella mayor conocimiento del que inicialmente se disponía

Un error común consiste en confundir el concepto de SIG con las plataformas de montaje de SIG. Sobre una plataforma se desarrolla un SIG, y brinda el conjunto de operaciones necesarias para hacerlo funcionar; pero conceptualmente no lo es porque no posee una base de datos espacial y temática, que es una parte esencial del mismo. Aunque sea común que la plataforma se convierta en un SIG al incluirle dicho componente con las herramientas específicas para el tipo y estructura de la información que maneje (Plewe, 1997)

## **Información Geográfica Distribuida**

Se denomina Información Geográfica Distribuida (IGD) a los productos o servicios que se relacionan con el empleo de las tecnologías de Internet, las cuales permiten a los usuarios tener acceso a la información geográfica distribuida en una gran variedad de formas como lo pueden ser mapas, imágenes, conjuntos de datos, análisis de información y reportes (Plewe, 1997).

Las aplicaciones para la IGD van desde una simple imagen de un mapa en una página de HTML hasta el empleo de un SIG en el cual los usuarios trabajan de manera remota con archivos comunes (Plewe, 1997).

Actualmente la mayoría de las aplicaciones que existen para el manejo de IGD se especializan solamente en un formato y un tipo específico de datos, lo cual las hace aplicaciones para datos específicos y nos limita para consultar datos de interés común que también estén disponibles (Plewe, 1997).

Para la completa interoperabilidad de los datos se obtuvo una adecuada infraestructura de datos espaciales y de metadatos donde mediante normas y especificaciones se establezcan los procedimientos para permitir la coexistencia varios proveedores de metadatos para una misma entidad. Por ejemplo: un consultorio médico de la familia tiene un conjunto de información geográfica que la definen como un objeto de ese tipo y permiten ubicarlo espacialmente. Además posee un conjunto de datos pertenecientes al Ministerio de Salud Pública que lo definen como una

instalación de Salud con un médico, una enfermera, 2 camas y otras informaciones. Por otra parte otras instancias, como el organismo nacional que controla las instalaciones del gobierno, también poseen datos referentes a ese consultorio. Para la correcta utilización de estos servicios en un entorno de sistema informativo distribuido, se estandarizaron de los identificadores a utilizar en cada capa informativa. De esta forma se crearon una gran cantidad de mapas informativos diferentes, a partir de clientes desarrollados por los proveedores de metadatos para una entidad determinada (Plewe, 1997).

### **Visualización Científica y Cartografía en la Web.**

Significa encontrar una apropiada representación visual para un conjunto de datos dado, con el objetivo de permitir un análisis y evaluación más eficaz de los datos; lo cual simplifica el análisis, el entendimiento y la comunicación de los modelos, conceptos y los datos; con la perspectiva de facilitar a los usuarios no solo el ver sino también reconocer, entender y evaluar los datos (Theisel, 2000).

Esto significa que la Visualización Científica provee una representación visual apropiada para los usuarios para mostrar las relaciones internas entre los datos, la cual se pierde de otra manera y soporta el intercambio de los resultados (Theisel, 2000).

La visualización de un conjunto de datos debe ser expresiva, lo cual significa que la representación refleja los datos; eficaz,

si la representación visual permite una percepción espontánea; y apropiada, si tiene un adecuado balance costo beneficio (Theisel, 2000).

El proceso de convertir datos en imágenes consta de tres pasos, como se detalla a continuación:

1. Filtrado: Extracción de datos o de propiedades de los datos y reducción o completamiento de los datos.
2. Mapeo: Conversión de los datos en gráficos primitivos 2D o 3D. Ejemplo, creando una lista de polígonos.
3. Interpretación: Generación de imágenes o secuencias de imágenes.

La aplicación obtenida producto de esta investigación, además de estar soportada en los estándares internacionales que existen para ello, implementa los tres pasos anteriormente explicados, lo que garantiza un enfoque científico adecuado al proceso de visualización de la información geográfica que soporta la misma.

La información geográfica devuelta como mapas con significación visual es lo que hace "vivos" a los datos de cara a los usuarios en la Web

La especificación de implementación de Servicio de Mapas en Web OGC es la principal especificación para la petición de mapas y su visualización; detalla un interfaz simple para la petición de mapas mediante la World Wide Web. Sus

peticiones "GetMap" son precedidas por la petición "GetCapabilities" para verificar la disponibilidad de capas ("layers") de información cartografiada en el servidor, y sus habilidades de proceso y traducción

Aunque los mapas son imágenes mucho más complejas que los datos, no requieren esquemas especiales de codificación; en su lugar se emplean formatos "ráster" convencionales como (PNG) Formato Gráfico Portable, (JPEG/JFIF) Formato del Conjunto de Expertos Fotográficos, (TIFF) Formato de Archivo de Imagen Etiquetado, o GeoTIFF, o formatos de vector como (SVG) Formato Gráfico Escalable Vectorial.

El papel de discusión informal de OGC Descriptor de Estilo de Capa diseña reglas de representación de expresiones en XML que dicen a un Servidor de Mapas OGC cómo devolver sus capas o las de un Servidor Web de Características OGC.

Los modelos abstractos, a pesar del amplio uso de la cartografía en Web y la visualización, ha sido solamente limitado a una definición formal:

- El borrador estándar de ISO Representación ("portrayal") (ISO 19117 / DIS: 2001-06; FDIS: 2002-01; IS: 2002-03) define reglas para la representación de características ("features") geoespaciales.
- Dos documentos internos de trabajo de OGC sobre Interacción del usuario con los datos geoespaciales (Doc. 98-

060) y representación interactiva (Doc. 98-061) diseñan los servicios genéricos requeridos. La especificación de implementación Servicio de Mapas en Web de OGC, señalado arriba, resume los principales conceptos en estos documentos.

### **Acceso a las bases de datos**

Se implementó un Modelo de Base de Información Geográfica (BIG) que presenta una estructura jerárquica basada en catálogos donde se encuentran agrupados los diferentes elementos que conforman la misma. Las premisas del modelo implementado se fundamentan en la disposición de un conjunto predefinido por el sistema de clases de objetos y los métodos para crear dinámicamente otras nuevas por parte del usuario, con las cuales se puede conformar una Base de Información Geográfica personalizada

### **PostGIS:**

Es una extensión al sistema de base de datos objeto-relacional PostgreSQL. Permite el uso de objetos GIS<sup>4</sup>. PostGIS incluye soporte para índices GiST basados en R-Tree, y funciones básicas para el análisis de objetos GIS (Martin, 2001).

---

<sup>4</sup> Geographic information systems

Esta creado por Refrations Research Inc, como un proyecto de investigación de tecnologías de bases de datos espaciales. Está publicado bajo licencia GNU<sup>5</sup>.

Con PostGIS podemos usar todos los objetos que aparecen en la especificación OpenGIS como puntos, líneas, polígonos, multilíneas, multipuntos, y colecciones geométricas (Martin, 2001).

La Base de Información Geográfica creada utiliza el Modelo de Objetos Componentes y será el punto de convergencia de futuras tecnologías que utilicen la información geográfica (Martin, 2001).

A partir del estudio de estas especificaciones de OGC para el servicio de mapas en Internet se implementó un Servidor de Mapas y varias aplicaciones clientes que permiten visualizar y consultar la información geográfica de este servidor (Martin, 2001).

La ejecución de estos proyectos, teniendo en cuenta los estándares internacionales proporcionados por OpenGIS, ha permitido lograr estrategias acorde al desarrollo global de las tecnologías de la Información. Se han decantado un conjunto de metodologías y tecnologías de desarrollo de software que giran todas ellas alrededor de un viejo concepto, el componente (Martin, 2001).

De forma general todas ellas se nutren del modelo orientado a objetos, agregándoles una capa adicional de aislamiento,

---

<sup>5</sup> GNU No es Unix



llamada interfaz, con el cliente. Esta concepción permite centrar el problema del desarrollo de una solución en identificar los componentes que actuarán en la misma y sus relaciones contractuales (Martin, 2001).

### **Base de Información Geográfica (BIG).**

Como resultado de los trabajos realizados se obtuvo una plataforma que permite implementar Sistemas de Información Geográfica de una forma novedosa y que cumple con las normalizaciones internacionales dictadas por el consorcio OpenGIS, las bases de dicha plataforma descansan en la Base de Información Geográfica (Jansen, 1998).

La BIG es la implementación en forma de tablas relacionadas de una base de datos orientada a objetos. Por su diseño jerárquico en forma de árbol, permite tanto la modelación de estructuras sencillas de organización de la información, como un diseño de una jerarquía corporativa altamente compleja. Dentro de una BIG se almacenan, por niveles jerárquicos, los distintos tipos de catálogos, carpetas, colecciones de objetos y otras entidades que la componen (Jansen, 1998).

A través de una interfaz adecuada que brinda una aplicación que se implementó al efecto, el usuario puede visualizar la jerarquía de las entidades de la BIG en forma de árbol, además de disponer de las herramientas necesarias para navegar dentro de este, es decir manipular

los objetos geográficos, visualizarlos, realizar consultas, tanto espaciales como temáticas, sobre ellos y las funciones necesarias para lograr un fin informativo determinado (Jansen, 1998).

En el diseño de esta BIG se tienen en cuenta algunas de las especificaciones del consorcio OpenGIS. La geometría se almacena en un campo binario de las tablas junto a las demás propiedades de los elementos geográficos como lo indica OpenGIS. Esta geometría se almacena en el formato especificado por dicho consorcio para la implementación de un Sistema de Información Geográfica, así como las operaciones espaciales y de relaciones que se establecen entre ellas (Jansen, 1998).

### **Especificaciones de la solución geomática**

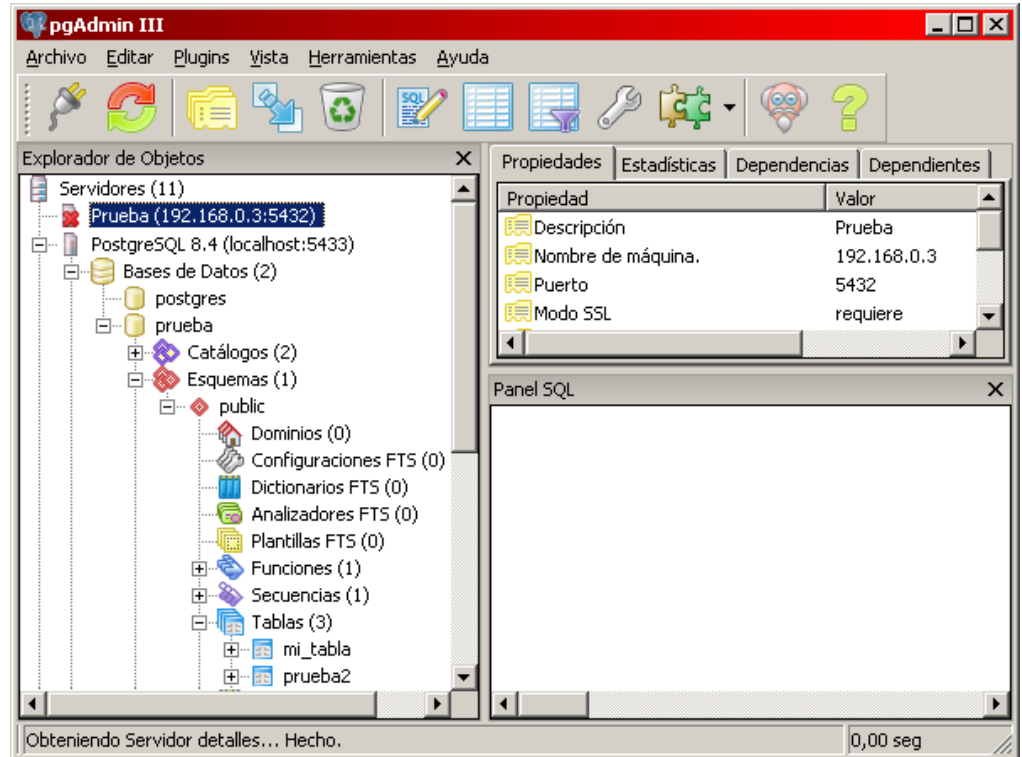
La aplicación geomática local, mostró información de diferentes formas, se empezó con la presentación de un escenario local basado en la provincia de Los Ríos, con información relacionada a la población por cantones, los datos fueron tomados de la página web del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, de esta manera se motiva al proceso de autoaprendizaje de los estudiantes de la Unidad Educativa “Eloy Alfaro”.

### **Proceso de instalación**

Para la creación de la base de datos de la solución geomática, se utilizó la aplicación pgAdmin 3, que es una herramienta de código abierto para la administración de bases de datos PostgreSQL y derivados, en Windows,

pgAdmin viene incorporado con el instalador de PostgreSQL, para instalarlo por separado descargar el zip.

Figura 9: Ventana principal de pgAdmin III



Autor: Mariano Reingart, Manual de postgresql

Para la realización de la aplicación, se utilizó Apache Tomcat 8.0, que funciona como un contenedor de desarrollo, comúnmente para extender las aplicaciones alojadas por servidores web, de tal manera que pueden ser vistos como applets de Java que se ejecutan en servidores en vez de navegadores web.

### **Implementación de la extensión de Generación de mapas temáticos**

El proceso de generar mapas temáticos comienza desde el plug-in encargado de la Vista de Diseño, que es donde se

crean los campos temáticos, luego en la Vista de Datos, se introducen los datos asociados al campo temático y finalmente en la Vista de Mapas (donde realmente se crean) se visualizan los mapas.

### **Modelo de Datos**

Involucra la tabla `data_space` (servidor de mapas, capa con la que se genera el mapa), `data_source` (mapa que pertenece a una fuente de datos), `fields` (los mapas se generan a partir de uno o varios campos) y finalmente la tabla de datos asociada la fuente de datos (donde se guarda la información de cada campo).

### **Condiciones mínimas**

Que exista un espacio de datos, una fuente de datos, un campo temático y datos asociados a ese campo.

Implementación de las plantillas de datos colaborativas

A partir del desarrollo del prototipo del núcleo de Tocatoro, sobre la misma plataforma, se obtendrá una extensión para definir fuentes de datos Colaborativas. Ya en sí Tocatoro, como plataforma, tiene una base colaborativa cuando los usuarios comparten los datos que actualizan y permite la remezcla de los mismos. Esta extensión va un poco más allá al permitir que un grupo de usuarios participen en la creación y actualización de una fuente de datos.

## **Modelo de Datos**

La funcionalidad de plantillas de datos colaborativas necesita introducir algunos cambios a las extensiones existentes. A la BD se le agrega una tabla donde se establece la relación entre una fuente de datos y los usuarios con permiso de edición sobre la misma. También es necesaria la modificación de las interfaces visuales de los componentes de creación y edición de una fuente de datos donde al definir una de ellas como colaborativa es posible establecer los usuarios que podrán participar en la actualización de los datos.

La

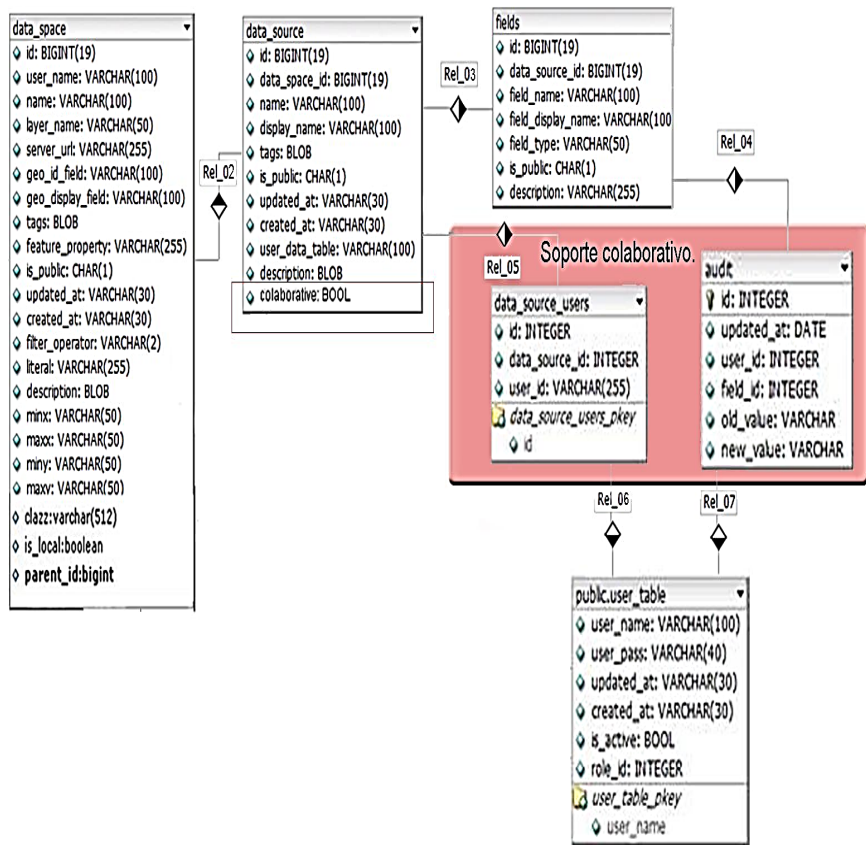
Figura 10 muestra las tablas del núcleo que tienen cambios con la introducción de la nueva funcionalidad.

Se puede observar que se agrega a la tabla "data\_source" el campo booleano "colaborative" para definir si una fuente de datos es colaborativa o no. También se crea la tabla "data\_source\_users" donde se relacionan los usuarios con permisos sobre una plantilla. Otro elemento nuevo introducido es la tabla "audit" donde se establece una auditoría sobre los cambios ocurridos en los valores de los campos guardándose los valores anteriores para restablecer en caso de errores.

Como parte de la arquitectura el sistema debe ocuparse del manejo de la seguridad, solamente pueden modificar dichos datos aquellos usuarios que el propietario de la información establezca como los autorizados a insertar o modificar la

información colaborativa. Además se implementan dos esquemas para la notificación al propietario de los cambios, estos son los de enviar un correo electrónico con un reporte detallado de los cambios y el otro es en el área de notificación, donde también se le notifica al propietario de todos los cambios realizados sobre sus datos y por quién fue modificado.

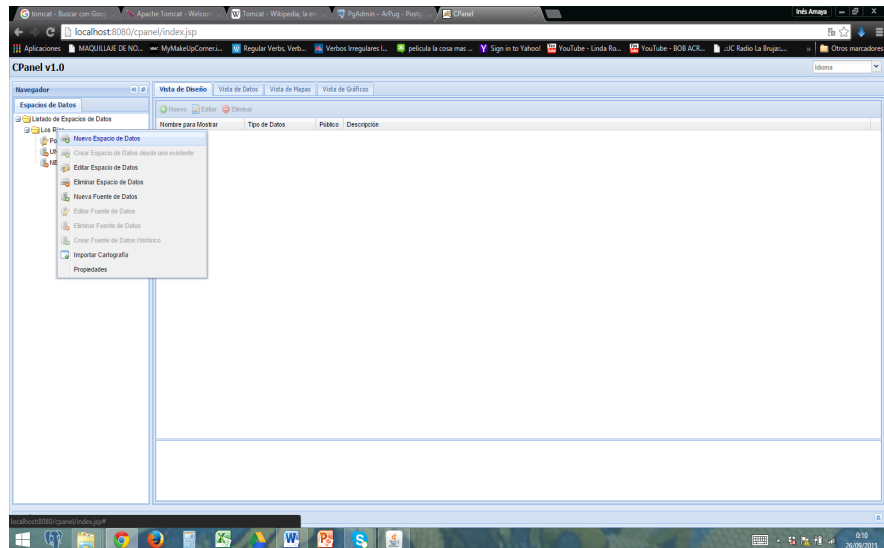
Figura 10. Cambios introducidos en la BD.



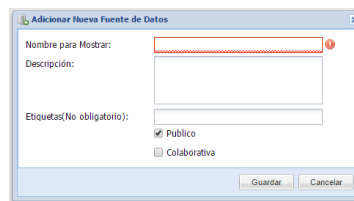
Autor: Ing. Johnny Bajaña Zajja

## Creación de escenarios

La aplicación geomática local permite la creación de espacios de datos para poder seguir alimentando de información el escenario local de la provincia de Los Ríos, a continuación se detalla el proceso explicado.



Sobre el espacio de datos se debe dar un clic secundario y se escoge Nueva Fuente de Datos, el aplicativo solicita un Nombre para mostrar, la descripción y las opciones de Público y Colaborativa.



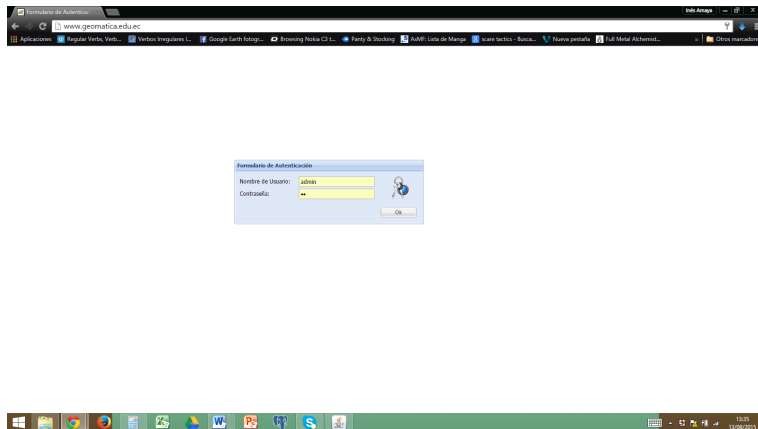
Se deben Adicionar nuevos campos, con el tipo de datos y la descripción, para que sean mostradas en las diferentes formas de presentación, como son en tabla y de forma gráfica para mejorar el autoaprendizaje.

## Instructivo de funcionamiento

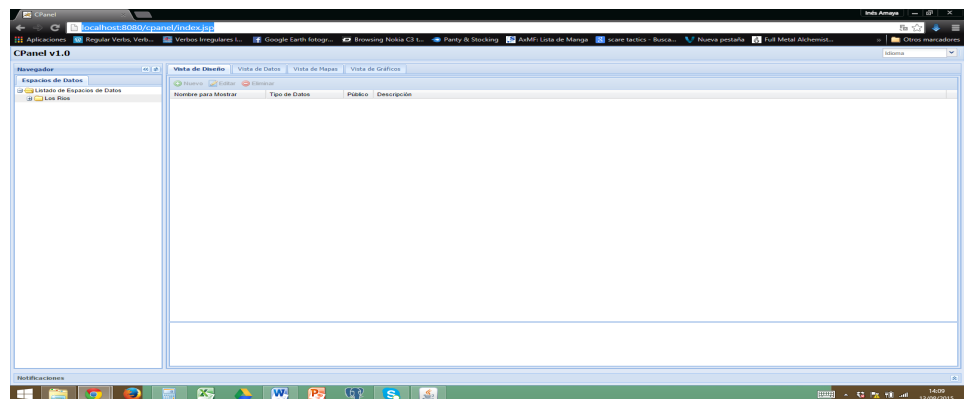
El software de geomática posee una interfaz amigable a usuario, como se muestra en el instructivo de funcionamiento que a continuación se detalla:

Ingreso:

Se elegirá a un browser para ingresar <http://localhost:8080/geoserver>, se presenta el Formulario de Autenticación, donde se debe ingresar el Nombre de Usuario y Contraseña.



## Pantalla principal

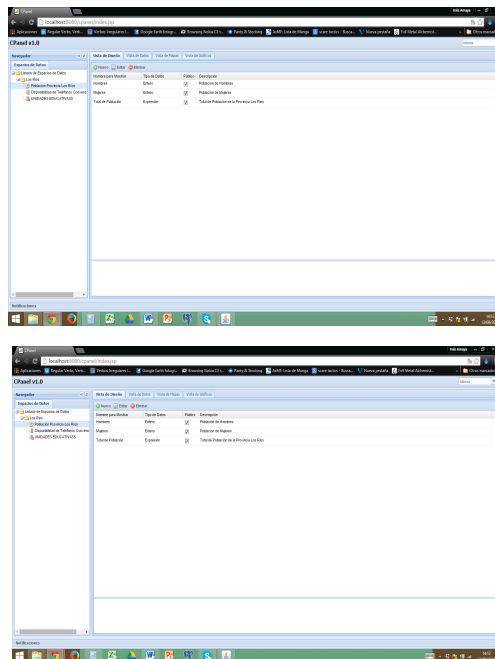


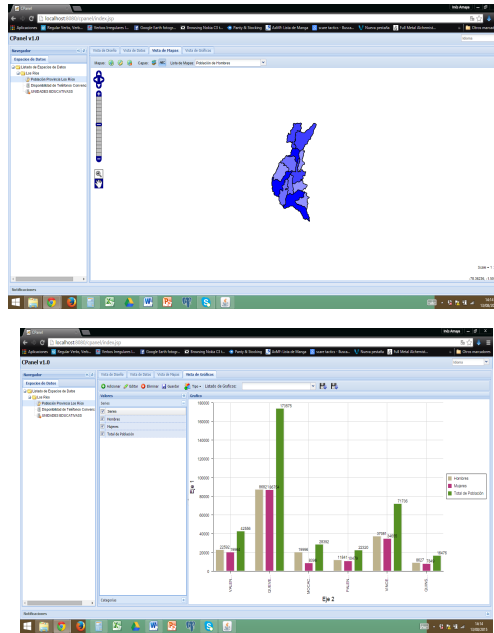


En la región izquierda se muestra el espacio de datos, donde se muestran los diferentes espacios de datos que se encuentran almacenados.

En la región derecha, de la aplicación geomática se muestran las 4 vistas de cómo son las de:

Vista de diseño, Vista de datos, Vista de mapas, y vista de gráficos.





En las vistas se pueden generar documentos en formato PDF, Excel, Plantilla de Excel y en Imagen, de los mapas temáticos que genera la plataforma. Además de la generación de diferentes tipos de gráficos para que tenga una mejor comprensión por parte de los alumnos.

### **Ubicación y descripción de la información empírica pertinente a la hipótesis.**

En el cuadro se puede verificar que la muestra de los estudiantes de Aplicaciones informáticas está en concordancia con los resultados de la fórmula, en la que aplica la encuesta al 71% de los estudiantes.

El 89% de los estudiantes encuestados valoran la calidad del software, puesto que indican que es muy buena y buena, especificando bien de las características de la aplicación geomática.

La satisfacción por parte de los estudiantes de Aplicaciones Informáticas en la ejecución con relación a la rapidez de respuesta y presentación de resultados es de 74%, lo que motiva a seguir utilizando esta herramienta.

El 65% de los encuestados optaron por consultar temas relacionados a la educación, un 21% se inclinó a temas de salud, y un 14% a medio ambiente, este tipo de respuestas está en función del tipo de encuestados, como son los estudiantes, de esta manera se verifica la flexibilidad de la aplicación al mostrar información de diferentes ámbitos.

De los estudiantes encuestados el 79% manifiesta que el software posee una interfaz amigable, lo que facilita el manejo y la obtención de resultados, mientras que un 21% no se encuentra conforme.

De los estudiantes encuestados y que pudieron tener la posibilidad de manipular el software de geomática, el 80% le gustaría seguir utilizando este tipo de herramientas, mientras que un 20% manifiesta lo contrario.

El 84% de los estudiantes recomendaría está conforme con el software, por lo que recomendaría a sus compañeros el uso de la plataforma geomática, mientras que solo un 16% de los encuestados sostiene que no lo recomendaría.

El manual de usuario es de gran utilidad como lo expresan el 82% de los estudiantes de Aplicaciones Informáticas de la Unidad Educativa Eloy Alfaro encuestados, un 18% no está conforme con lo expresado.

En relaciona a la encuesta aplicada a los estudiantes de Aplicaciones Informáticas de la Unidad Educativa Eloy Alfaro,

se puede evidenciar que el 89% de los docentes encuestados concuerdan con que la aplicación geomática local facilita el acceso a la información presentada por el docente al momento de impartir sus clases.

Los docentes manifiestan en más del 80% recomiendan y le gustaría se sigan utilizando este tipo de software para de esta manera despertar el interés mientras reciben las clases por parte de los docentes.

Por lo expresado, la implementación de la solución geomática local incide favorablemente en el proceso de autoaprendizaje de los estudiantes de la Unidad Educativa Eloy Alfaro.

Luego de ejecutar la aplicación geomática por parte de los estudiantes de Aplicaciones Informáticas de la Unidad Educativa "Eloy Alfaro", se puede afirmar que mejora el proceso de autoaprendizaje, por cuanto despierta el interés de los educandos y están conformes con la presentación de resultados.

Se concluye que los estudiantes de Aplicaciones Informáticas de la Unidad Educativa Eloy Alfaro, valoran la calidad del software de geomática y se sienten satisfechos con la implementación de la aplicación para las consultas en el desarrollo de clases.

Se logró la interpretación teórica de las especificaciones del Consorcio Internacional OpenGIS, referente a sus implementaciones. Se obtuvo una aplicación útil para la

Unidad Educativa Eloy Alfaro, la cual permite publicar y consultar Información Geográfica en la Web accediendo a los datos primarios de los escenarios locales.

Se desarrolló una solución geomática local, basado en las especificaciones del Consorcio Internacional OpenGIS, que implementa operaciones y da soporte al conjunto de requerimientos de las aplicaciones SIG en Web. Teniendo en cuenta el punto anterior y que el WFS (servicios de objetos) es un servicio que soporta consultas descriptivas y espaciales, se mejora considerablemente la transmisión de la Información Geográfica y el acceso a los mismos.

El servicio desarrollado cumple con los requisitos de seguridad y protección de la información que son requeridos para la manipulación de la misma.

## Bibliografía

- U. S. Geological survey. (07 de 01 de 1997). Recuperado el 2015 de 06 de 19, de U. S. Geological survey:  
[www.usgs.gov/research/gis/title.html](http://www.usgs.gov/research/gis/title.html)
- Ariza, F. (15 de 10 de 2008). Introducción a la normalización en información geográfica. Jaen, JAen, España.
- BRACKEN, I. y. (1990). *Information Technology in Geography and Planning (including principles of GIS)*. London: Routledge.
- Burrough, P. A. (1990). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. New York, USA: Oxford University Press.
- Consortium, O. G. (02 de 05 de 2013). Web Feature Service. Washington, Columbia, Estados Unidos.
- Egenhifer, M. J. (1996). *Geographic Database Systems: Issues and Research Needs*. Maine, USA: University of Maine.
- Egenhofer, M. J. (1990). *Interaction with Geographic Information Systems via Spatial Queries*. Orono, USA: Journal of Visual Languages and Computing.
- Egenhofer, M. J. (1996). *Geographic Database Systems: Issues and Research Needs, Department of Surveying Engineering Department of Spatial Information Science and Engineering Department of Computer Science*. Maine: University of Maine.
- Geomática, I. c. (15 de 10 de 2000). *Instituto canadiense de Geomática*. Recuperado el 10 de 08 de 2015, de <http://www.cig-acsg.ca/page.asp>
- GEOMATICS, O. (10 de 10 de 2001). Organización GEOMATICS pensando espacialmente. Londres, Reino Unido. Obtenido de <http://www.geomatics.org.uk/>
- Hernandez, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Jansen, B. J. (1998). *Failure Analysis in Query Construction: Data and Análisis from A Large Sample of Web Queries*.

Washington USA: Department of Electrical Engineering & Computer Science United States Military Academy.

Martin, M. (10 de 09 de 2001). *postgis.refractions.net*. Recuperado el 2015 de 07 de 16, de <http://postgis.refractions.net/documentation/postgis-spanish.pdf>

Morales, A. (15 de 01 de 2015). <http://mappinggis.com/>. Recuperado el 09 de 08 de 2015, de <http://mappinggis.com/>

National Center for Geographic Information and Analysis. (5 de 5 de 1990). *NCGIA*. Recuperado el 19 de 6 de 2015, de NCGIA: <http://www.ncgia.ucsb.edu/>

Nicholas, C. (06 de 27 de 97). *The GIS History Project*. Recuperado el 2015 de 06 de 19, de USGS: ([www.usgs.gov/research/gis/title.html](http://www.usgs.gov/research/gis/title.html))

Paradis, M. (1981). de l'arpentage à la géomatique. *Le géomètre canadien*. 35 No 3, 262.

Pissinou, N. (1993). *Toward the Design and Development of a New Architecture for Geographic Information System*. Louisiana: Communication of the ACM.

Plewe, B. (1997). *GIS Online*. *GIS online, Onword Press*, 25.

PROMETEO. (20 de 12 de 2014). *PROMETEO AL DIA 005*. Recuperado el 09 de 08 de 2015, de <http://prometeo.educacionsuperior.gob.ec/>: <http://prometeo.educacionsuperior.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/BOL-PROMETEO-005-interactivo.pdf>

Segura, A. (05 de Julio de 2003). *Portal de Red de la Saud de Cuba*. Recuperado el 16 de 07 de 2015, de [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/renacip/disenos\\_cuasie\\_xperimentales.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/renacip/disenos_cuasie_xperimentales.pdf)

Subramanian, R. A. (1993). *The Design and Implementation of an Expert Object-Oriented Geographic Information System*. Alaska, USA: Communication of the ACM.

Theisel, H. (2000). Scientific Visualization. *Compact course.*, 30.

Tom, H. (2012). National Institute of Standards on Technology. *Standard View Vol 2*, 20.

Vivancos, D. (07 de 03 de 2001). *Geomática educativa*. Recuperado el 2015 de 08 de 09, de <http://geocaa.blogspot.com/>



## ***Descubre tu próxima lectura***

Si quieres formar parte de nuestra comunidad, regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse> y recibirás recomendaciones y capacitación



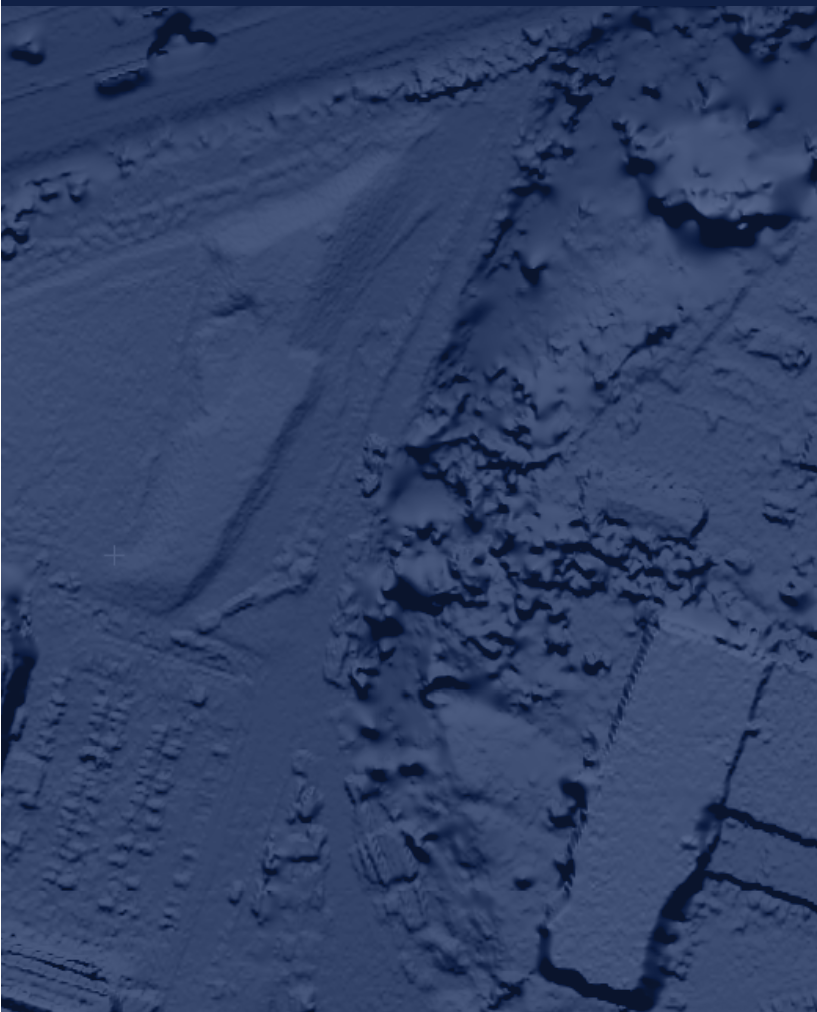
   @grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

compas

Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com



ISBN: 978-9942-33-203-5



@grupocompas.ec  
compasacademico@icloud.com

**compas**  
Grupo de capacitación e investigación pedagógica