



UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS
Facultad 9

**Guía metodológica para el desarrollo de Sistemas de
Información Geográfica en la Universidad de las Ciencias
Informáticas.**



**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN
CIENCIAS INFORMÁTICAS**

AUTOR: Hendrik Cesar Rodríguez
TUTOR: Ing. Yordanys Piñeiro Gómez

Ciudad de La Habana, Julio de 2008
“Año del 50 Aniversario de la Revolución”

“La posibilidad de realizar un sueño es lo que hace que la vida sea interesante.

Todos los días Dios nos da un momento en que es posible cambiar todo lo que nos hace infelices. El instante mágico es el momento en que un sí o un no pueden cambiar toda nuestra existencia”.

“Es necesario aprender lo que necesitamos y no únicamente lo que queremos”.

Paulo Coelho

A mis abuelos, a todos ellos, a mi abuela Emma y a los ya no están, los llevo siempre conmigo en el corazón.

A mis padres, por haber coincidido en el momento y lugar correctos.

A mi hermano, por soportarme todo este tiempo, y el que falta.

A mi familia, a ella le debo todo lo que soy.

A mis amigos, los que crecieron junto a mí y los que he ido conociendo en el trayecto de mi vida.

Y a todos los que de una forma u otra han sido parte de vida y de mi formación.

A Dios, porque sin El nada es posible.

A la Revolución y a Fidel, por haberme dado la posibilidad de ser parte de este importante proyecto
que es la UCI.

A mi mamá, por su dedicación, por reír y llorar junto a mí, por ser la razón de mi ser, por ser todo lo
que solo una madre es capaz, te quiero mucho.

A mi papá, por ser mi guía, por ser mi ejemplo a seguir, por haber estado ahí todos los días de mi
vida, gracias por haber hecho de mí un hombre mejor.

A mi familia, a mis tías, en especial a Eloina y a Iris, a mis tíos, a todos mis primos.

A mis abuelos, que fueron tan importantes y necesarios en mi formación y educación.

A mi novia, gracias por hacerme parte de ti, te quiero.

A mis suegros, gracias por su preocupación y por acogerme como un hijo.

A mis vecinos, por seguir tan de cerca mis estudios, muchas gracias a todos.

A Olga, a Yudy, a Maryanis, a Milvia, a Tania, a Joan y Yuleyvis, gracias por todo su apoyo y
dedicación en todo este tiempo.

A tío Eneido, a mi tía Lucy, a Nuris, a Neidito, a Noris, gracias por toda la atención que me han
brindado todo este tiempo.

A mis amigos, a los Frank, Frank Estrada y Frank Estévez, a Miguel, a Yasser, a Leonel, a Robert, a
Ernesto (tico), por ser más que mis amigos, mis hermanos.

A todos los que estuvieron a mi lado todo este tiempo, a Yindra, a Dayanis, Meylin, a Susan, a mis
compañeros de grupo, gracias a todos por haberme permitido entrar en sus vidas.

A Ailin y a las muchachitas del 31102, les estoy realmente agradecido por todo lo que han hecho por
mi, muchas gracias.

A Lia, por toda su ayuda y dedicación.

A mi tutora Yordanys Piñeiro Gómez, por haber sido amiga y guía todo este tiempo, y haber sido mi
apoyo principal para el desarrollo exitoso de la tesis.

A la FEU y la Dirección de la Facultad 9, a Yidian, a Frank Emilio, a Nilo, a Lisandra, a David, a
Ernesto, a Alberto, muchas gracias a todos por su ayuda y apoyo, ha sido un privilegio haber
contado con ustedes.

A todos los compañeros del proyecto GSIG, por todo su apoyo, preocupación y dedicación en todos los sentidos gracias a todos por todo.

A los compañeros de la Empresa de Diseño e Ingeniería (EDI) de Guantánamo, a todos, gracias de todo corazón.

En fin, a todos los que, de una forma u otra, han contribuido con mi formación y han estado a mi lado, gracias a todos.

DECLARACION DE AUTORIA

Por este medio declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) para que hagan el uso que estimen pertinente del mismo.

Para que así conste firmo la presente a los ___ días del mes de junio del 2008.

Hendrik Cesar Rodríguez

Autor

Ing. Yordanys Piñeiro Gómez

Tutor

TUTOR: Ing. Yordanys Piñeiro Gómez

Graduado de Ingeniería en Ciencias Informáticas en Julio del 2007

Profesor de Ingeniería del Software I y II

Jefe de Colectivo de Ingeniería del Software – Facultad 9

Dirección: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), Edificio: 27, Apto: 27201

Teléfono Oficina: +53 – 7 – 8372557 Teléfono Apto: +53 – 7 – 8358867 E-mail: ypineirog@uci.cu

ASESOR: Ing. Eikel Inda

Graduado de Ingeniería en Ciencias Informáticas en Julio del 2007

Profesor de Programación

Líder del Grupo de Sistemas de Información Geográfica

Dirección: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), Edificio: 27, Apto: 14209

Teléfono Apto: +53 – 7 – 8358484

E-mail: einda@uci.cu

El Trabajo de Diploma, titulado *Guía metodológica para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica en la Universidad de las Ciencias Informáticas*, fue realizado en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Esta entidad considera que, en correspondencia con los objetivos trazados, el trabajo realizado le satisface:

- Totalmente
- Parcialmente en un ____ %

Los resultados de este Trabajo de Diploma le reportan a esta entidad los beneficios siguientes (cuantificar):

Como resultado de la implantación de este trabajo se reportará un efecto económico que asciende a <valor en MN o USD del efecto económico>

Y para que así conste, se firma la presente a los ____ días del mes de Junio del año 2007.

Representante de la entidad

Cargo

Firma

Cuño

Título: Guía metodológica para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Autor: Hendrik Cesar Rodríguez

Firma

Ing. Yordanys Piñeiro Gómez

____/____/_____
Fecha

En la actualidad, el progresivo avance de las tecnologías computacionales y el cada vez mayor crecimiento de la información a manejar, conllevan a la necesidad de un mayor uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), de ahí que se hayan convertido en herramientas muy populares y su impacto no tenga antecedentes, su utilidad no tiene límites y puede manifestarse en diversas actividades relacionadas con la tecnología de computadores para integrar, manipular y visualizar una gran variedad de datos, capaces de crear una imagen de la geografía, medio ambiente y características socioeconómicas de una zona determinada estudiada.

Producto al gran impacto que han alcanzado estos sistemas a nivel mundial y las grandes ventajas que proporciona su uso, la Universidad de las Ciencias Informáticas esta realizando un arduo esfuerzo en el estudio y desarrollo de SIG para de una forma u otra responder a las peticiones y necesidades puntuales presentadas por un conjunto de organismos o empresas a nivel nacional e internacional, para un mejor manejo y control de la información geográfica. Para el desarrollo de estos sistemas se han presentado un significativo número de problemas producto al propio desconocimiento, poca experiencia del personal involucrado y sobre todo la falta de metodologías que guíen su tratamiento. Es por ello que surge la necesidad de crear una propuesta metodológica para el desarrollo de SIG en la UCI apoyada por el conjunto de herramientas que se utilizarán en su construcción y de una metodología que rijan el proceso de desarrollo de los mismos.

Este trabajo de diploma está estructurado en tres capítulos. El Capítulo 1, contempla la fundamentación teórica de esta investigación, en la cual son expuestos los principales conceptos y argumentos que esclarecen el estudio de los Sistemas de Información Geográfica, lo cual constituye el **objeto de estudio** de la misma. En el Capítulo 2 se hace un estudio de las tecnologías libres que existen en el mundo actual para el desarrollo de los SIG así como de las metodologías que rigen el proceso de desarrollo de cualquier software de forma general. Por su parte, en el Capítulo 3 se realiza una descripción de la metodología y herramientas que respaldan la solución final expuesta a continuación de lo anterior, que consiste en una propuesta metodológica para el desarrollo de SIG en la UCI.

Palabras Claves: Sistemas de Información Geográfica, metodología, herramientas, guía.

CAPÍTULO 1.....	9
INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 CONCEPTOS ASOCIADOS AL DOMINIO DEL PROBLEMA.....	10
1.1.1 <i>Geomática</i>	10
1.1.2 <i>Sistemas de Información Geográfica</i>	12
1.1.3 <i>Información Geográfica</i>	13
1.1.4 <i>Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)</i>	13
1.1.5 <i>Datos espaciales</i>	14
1.1.6 <i>Entorno Libre o Software Libre</i>	15
1.2 OBJETO DE ESTUDIO.....	15
1.2.1 <i>Descripción General</i>	15
1.2.1.1 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	15
1.2.1.2 Componentes de un SIG.....	17
1.2.1.3 Elementos básicos de un SIG.....	20
1.2.1.4 Representación y proyección de datos en SIG.....	22
1.2.1.5 Aplicaciones de los SIG.....	23
1.2.1.6 Cuestiones a las que responde un SIG.....	26
1.2.1.7 Construcción de un SIG.....	26
1.2.1.8 Los SIG permiten.....	26
1.2.1.9 Ventajas de usar un SIG.....	27
1.2.1.10 Importancia de un SIG.....	28
1.2.2 <i>Descripción actual del dominio del problema</i>	29
1.2.3 <i>Situación problemática</i>	30
1.3 ANÁLISIS DE SOLUCIONES EXISTENTES.....	31
1.3.1 <i>Una Metodología Sistemica para la implantación de Sistemas de Información Geográficos</i>	32
1.3.2 <i>Fases de un proyecto SIG</i>	33
1.3.3 <i>Metodología para la Creación de Sistemas de Información Geográfica en Transporte para la Planificación y la Gestión urbana</i>	34
1.3.4 <i>Sistema De Información Geográfica De Balizamiento</i>	36
 CAPÍTULO 2.....	 38
INTRODUCCIÓN.....	38
2.1 SOPORTE TECNOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE SIG LIBRE.....	39
2.1.1 <i>Tipos de proyectos existentes</i>	39
2.1.1.1 Servidores de Bases de datos Geográficas.....	40
2.1.1.1.1 PostgreSQL.....	40
2.1.1.1.2 PostGIS.....	40
2.1.1.1.3 MySQL.....	42
2.1.1.2 <i>Servidores de Mapas</i>	43
2.1.1.2.1 MapServer.....	43
2.1.1.2.2 GeoServer.....	44
2.1.1.2.3 Deegree.....	45
2.1.1.2.4 MapGuide.....	46
2.1.1.3 <i>Herramientas de Metadatos</i>	46
2.1.1.3.1 GeoNetwork.....	46
2.1.1.3.2 CatMDEdit.....	47

2.1.1.4	<i>Proyectos del lado Cliente. Clientes Pesados o de Escritorio</i>	49
2.1.1.4.1	GRASS GIS	49
2.1.1.4.2	Quantum GIS	50
2.1.1.4.3	gvSIG	51
2.1.1.4.4	Kosmo	52
2.1.1.4.5	SAGA	53
2.1.1.4.6	Map Window	53
2.1.1.4.7	World Wind	54
2.1.1.4.8	Open JUMP	54
2.1.1.4.9	uDIG	55
2.1.1.5	<i>Proyectos del lado Cliente. Clientes Ligeros o Web</i>	56
2.1.1.5.1	Kap-Map	56
2.1.1.5.2	Chameleon	56
2.1.1.5.3	CartoWeb	57
2.1.1.5.5	Mapbender	57
2.1.1.5.6	MapBuilder	57
2.1.1.6	<i>Bibliotecas y Librerías</i>	58
2.3	METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE	58
2.3.1	<i>Metodologías Tradicionales o pesadas</i>	60
2.3.2	<i>Metodologías Ágiles</i>	61
2.3.3	<i>Descripción de Metodologías Ágiles y Pesadas</i>	62
2.3.3.1	Scrum	62
2.3.3.2	Extreme Programming (XP)	63
2.3.3.3	Dynamic Systems Development Method (DSDM)	64
2.3.3.4	Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP en sus siglas en inglés correspondientes a Rational Unified Process)	65
	CONCLUSIONES PARCIALES	68
CAPÍTULO 3		69
	INTRODUCCIÓN	69
3.1	PROPUESTA DE ALTERNATIVAS LIBRES PARA EL DESARROLLO DEL SIG	70
3.2	PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SIG. METODOLOGÍA RUP ULTRA LIGHT	71
	PASOS DE LA METODOLOGÍA RUP ULTRA LIGHT	71
3.3	GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.	73
3.3.1	ETAPAS PARA EL DESARROLLO DE SIG EN LA FACULTAD 9 DE LA UCI.	79
3.3.2	REPRESENTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES QUE FORMAN PARTE DE LA GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE SIG EN LA UCI.	83
	CONCLUSIONES PARCIALES	84
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	86
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
	BIBLIOGRAFÍA	90
	ANEXOS	95

Figure 1 Componentes básicos de un Sistema de Información Geográfica	19
Figura 2 Elementos básicos de un SIG.....	21
Figure 3 Capas de un SIG	22
Figure 4 Modelo de datos de un SIG	23
Figure 5 Tipos de Proyectos	39
Figure 6 Ciclo de vida de la Metodología RUP	67

INTRODUCCION

El creciente auge y expansión del mundo de la información en la actualidad, ha traído consigo la necesidad del manejo y control de cada vez mayores cantidades de información. Se puede observar como la información ha llegado a cada uno de los rincones del planeta y como el uso de ordenadores y redes de comunicación se han convertido en parte del quehacer cotidiano. Es por ello que en este mundo dominado por las grandes multinacionales, cada vez se destinan mayores cantidades de recursos a la creación de potentes Sistemas de Información que les permita sacar el máximo provecho de sus datos.

Los Sistemas de Información Geográficas (SIG) “se sitúan en este contexto como una categoría más dentro de los Sistemas de Información que se caracteriza por utilizar datos “localizados” o geo-referenciados según unas coordenadas relativas a un sistema común de referencia espacial” (ECHEVERRIA, 2007).

El motivo de que este tipo de información esté cada vez más presente en la vida cotidiana, no sólo se debe a que la disponibilidad de mapas digitales actualizados de cualquier lugar del planeta sea cada vez mayor, sino porque en la actualidad se cuenta con una mayor cantidad de potentes herramientas informáticas que hacen un uso intensivo de esta información para múltiples tareas en todo tipo de entornos y dispositivos.

Existen una gran multitud de definiciones que responden a la conceptualización de un SIG, de diversas naturalezas y no todas ellas consensuadas. Algunas excesivamente simples como las que dicen que “un SIG no es más que una base de datos relacionada con un software gráfico, o que se trata de un Sistema que permite gestionar datos alfanuméricos espacialmente localizados. Es preciso destacar aquí que un SIG no es sólo un programa de cartografía por ordenador ni un programa de tipo CAD. Lo específico del SIG reside en su capacidad para almacenar grandes masas de información geo-referenciada y analizarla, de modo que pueda abordar problemas de planificación y gestión de todo tipo y ayudar en la toma de decisiones” (ECHEVERRIA, 2007).

Lo anteriormente expuesto, deja bien claro el significado de SIG, por lo que no debe haber confusión a la hora de definirlos, aunque con frecuencia, se suele cometer el error de llamar SIG a cualquier aplicación que utilice un mapa digital, como si ambos fueran conceptos equivalentes, y en verdad no es así. En realidad un mapa no es más que uno de los tantos tipos de productos que pueden ser generados por un SIG. Aclarada la duda anterior y para un mejor entendimiento de los lectores, a continuación, se procede a continuar haciendo énfasis en la definición de los SIG y al impacto que estos han alcanzado en la actualidad internacional.

Se puede decir que un SIG “se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato” (RODRÍGUEZ *et al.*, 1998).

Existen otras muchas definiciones de SIG, “algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con el estudio científico de la Biodiversidad” (RODRÍGUEZ *et al.*, 1998). Esta última es muy importante para la conservación del equilibrio del entorno.

Como bien se ha dicho anteriormente, los SIG abarcan y constituyen una parte fundamental de las distintas esferas de la vida, de ahí que su importancia esté dirigida fundamentalmente en la obtención de soluciones para muchos problemas que frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas geográficamente o mediante distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando datos geográficos, analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, teniendo en cuenta el objetivo primordial de contribuir a la toma de mejores decisiones.

En la actualidad el progresivo avance de las tecnologías computacionales y el cada vez más grande crecimiento de la información conllevan a la necesidad de un mayor uso de los Sistemas de Información Geográfica, de ahí que se hayan convertido en herramientas muy populares y su impacto no tenga antecedentes, su utilidad no tiene límites y puede manifestarse en diversas actividades relacionadas con la tecnología de computadores para integrar, manipular y visualizar una gran variedad de datos capaces de crear una imagen de la geografía, medio ambiente y características socioeconómicas de una zona determinada estudiada. Hoy en día es común utilizar los SIG en una gran diversidad de actividades y su impacto es tal que abarcan desde el trazado básico de mapas hasta la exploración y desarrollo de recursos, desde la ordenación del medio ambiente hasta la planificación y administración de importantes sistemas e infraestructuras que forman parte de las distintas esferas de la vida, sin dejar de mencionar uno de sus objetivos más importantes, abordado anteriormente, la toma de mejores decisiones.

Nuestro país, se encuentra inmerso en un proceso de transformaciones desde el punto de vista tecnológico, dirigidas a lograr lugares cimeros a nivel mundial en el desarrollo de este campo, y dentro de muchas de estas tecnologías, que hoy en día se estudian, se encuentran las relacionadas con el desarrollo de los Sistemas de Información Geográficas y su vinculación y adaptación con las alternativas libres (software libre) existentes en el mundo. Se han creado diversas instituciones a nivel nacional que contribuyen al crecimiento informático del país, y como parte de los aportes que cada día sustentan ese desarrollo se encuentra el estudio de los SIG.

El desarrollo de la Informática en Cuba ha estado soportado en el uso de herramientas propietarias. Si se tiene en cuenta la situación actual de nuestro país y sus principios tecnológicos y se compara con los principios en los que se basa el software propietario se puede apreciar con facilidad el gran abismo que los separa. Actualmente el software libre, ha ganado espacios como sistema libre y de código abierto muy confiable para los usuarios, lo cual le confiere numerosas ventajas en comparación al software propietario. Por esta razón nuestro país se prepara para realizar la migración hacia esta alternativa. Richard Stallman, una de las grandes personalidades e iconos del Software Libre en el mundo, introdujo una definición, que permite apreciar en toda su magnitud la importancia de dicho proyecto: *“Software libre (free software, en inglés) es aquel que, una vez obtenido, puede ser usado, copiado, estudiado, modificado y redistribuido libremente”*.

Haciendo un análisis de lo antes expuesto, es importante destacar que todas las herramientas estudiadas y analizadas en el transcurso de esta investigación son adquiridas bajo la concepción de

software libre. Es por ello que en este trabajo de diploma se realizan múltiples reflexiones y se exponen las razones que justifican la importancia del por qué la decisión de optar por estas aplicaciones de Software Libre, y dentro de estas, las que finalmente son elegidas para formar parte de la propuesta final a la que se aspira llegar concluida dicha investigación.

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se ha unido desde hace algunos años a los programas con que cuenta nuestra nación para alcanzar un logro inmediato y superior al existente en el sector informático. Hoy en día se está dedicando tiempo, costo y esfuerzo para la creación de diversos productos que vayan ayudando a lograr los objetivos anteriormente mencionados, pero el propio hecho de ser una institución que actualmente se encuentra en formación, donde no existe mucha experiencia por parte del personal en determinados campos y donde se han tenido que realizar diversas modificaciones a partir de los resultados obtenidos según experiencias anteriores, ha provocado la aparición de diversas dificultades en el desarrollo de los Sistemas de Información Geográficas, las cuales vienen dadas por numerosos factores que atentan contra su desarrollo exitoso.

Hoy día, el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica goza de una creciente demanda a nivel mundial, pero más que eso, en la actualidad existen ya un gran número de clientes que se han acercado a la Universidad expresando la necesidad inmediata de que se les construya un sistema de este tipo y el propio desarrollo de un conjunto de productos en la institución requiere de un componente SIG. Es evidente además que existe un amplio y competitivo mercado de desarrollo de SIG que incrementa la presión sobre los proyectos de esta rama en materia de eficiencia y calidad de las soluciones en todos los aspectos del desarrollo: tecnológicos, financieros, contractuales, etc.

Además, existe una situación real, y es que en nuestro país existen escasas instituciones en las que parte de su trabajo esté dirigido a desarrollar productos de este tipo, lo que hace que nuestra Universidad sea una empresa clave en la solución de los problemas internos y externos que se presenten en este sentido. Para la creación de estos productos no se ha podido contar con un conjunto amplio de metodologías que permitan guiar la construcción de los mismos, pues no existe un estándar internacional que regule este proceso. Unido a esto se debe tener en cuenta que la documentación es muy escasa y la existente no resuelve las particularidades que se deben tener en cuenta para el desarrollo de estos sistemas.

Como se hace alusión en la cita anterior, no existe un estándar que pueda ser usado para el desarrollo de software por todas las personas que se encuentren vinculadas al desarrollo de proyectos informáticos, mucho menos, cuando se trata de productos correspondientes a la construcción de SIG, en el cual se hace necesario tener en cuenta un conjunto de aspectos que no son comunes cuando se va a desarrollar otro tipo de software de gestión, de ahí que se necesite investigar cuáles son las particularidades que distinguen a una aplicación de este tipo de las demás para llegar a conclusiones que definan cuales serían el conjunto de pasos a seguir en aras de lograr un producto que cumpla con todos los requerimientos del cliente final y que se desarrolle en el tiempo y con el costo establecido con anterioridad.

Las condiciones en las cuales se desenvuelve la producción de software de geomática, específicamente la construcción de Sistemas de Información geográfica, a nivel internacional y de forma particular en Cuba, conlleva a que se haya identificado el **problema científico**:

Ausencia de una guía metodológica para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

Siendo identificado el problema científico reflejado con anterioridad, fue necesario centrar la investigación en el estudio de “los Sistemas de Información Geográfica”, lo cual constituye el **objeto de estudio** de la misma.

Para resolver dicho problema se hizo necesario que el **objetivo general** de esta investigación esté dirigido a “describir un conjunto de principios que permitan guiar el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica en la Universidad de las Ciencias Informáticas”.

El conjunto de principios que serán planteados como solución de esta investigación tendrán su incidencia final en “la gestión de los proyectos productivos que desarrollan Sistemas de Información Geográfica en la Universidad de las Ciencias Informáticas”, lo cual determina el **campo de acción** de la investigación.

Para darle cumplimiento al objetivo trazado se determinó que las tareas a realizar en esta investigación estarían dirigidas a:

1. Caracterizar los Sistemas de Información Geográfica.
2. Describir las condiciones en que se desarrollan los SIG en la UCI.

3. Identificar las características que forman parte de las soluciones existentes que pudieran insertarse en la solución propuesta.
4. Seleccionar herramientas y tecnologías para el desarrollo de los SIG.
5. Seleccionar metodología para el desarrollo de los SIG.
6. Describir un conjunto de principios que sirvan de guía para el desarrollo de software de Sistemas de Información Geográfica en la UCI.

El desarrollo exitoso de las tareas expuestas anteriormente contribuirá al cumplimiento de la **idea a defender** de esta investigación: Si se realiza un estudio riguroso de las metodologías, guías metodológicas, herramientas y tecnologías existentes para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica a nivel internacional, así como del contexto de producción de este tipo de software en la UCI, se podrán definir un conjunto de principios que servirán de guía metodológica para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica en la UCI.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron métodos teóricos y empíricos. Dentro de los métodos teóricos serán utilizados los de análisis y síntesis, el histórico-lógico y el causal y dentro de los métodos empíricos serán utilizadas la entrevista y la encuesta. A continuación se especifica el por qué de la selección de los mismos.

1. “Entrevistas” a los líderes de los proyectos que trabajan en el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica en la UCI, para recopilar toda la información que nos puedan suministrar, con el objetivo de conocer las condiciones en que se desarrolla este tipo de software en la Universidad de las Ciencias Informáticas. “Encuestas” a líderes de los proyectos que trabajan en el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica en la UCI, para determinar cuáles son las principales herramientas libres que se utilizan en el mundo para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica.
2. Se aplicará el “Método Histórico” para investigar si existe alguna metodología planteada en Cuba que guíe en la actualidad el proceso de desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica, y de ser así, se indagará en función de conocer a ciencia cierta cuáles son los resultados de la aplicación de dicha metodología en la elaboración de un producto determinado.
3. El método “Causal” para estudiar los factores que provocan la necesidad de tener una guía metodológica para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica en la Universidad.

4. El método de “Análisis” para comprender y enunciar los principios que forman parte de la guía metodológica para el desarrollo de SIG y el de “Síntesis” para plantear, describir y resumir los principios que serán expuestos a partir de la investigación en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Con el objetivo de lograr resultados que le dieran credibilidad a esta investigación fue necesario seleccionar una población, de la cual se extrajo una muestra que fue analizada. De los resultados obtenidos a partir de este análisis se pudo inferir cómo se iba a comportar dicha población. A continuación se presentan:

Población: Conjunto de líderes de proyecto de Sistemas de Información Geográfica de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Muestra: Cuatro líderes de proyecto de Sistemas de Información Geográfica.

Unidad de estudio: Un líder de proyecto de Sistemas de Información Geográfica.

Para la selección de la muestra fue utilizada la técnica de muestreo no probabilístico, específicamente, el muestreo intencional, el cual posibilita escoger los integrantes de la muestra, por lo que nos permite seleccionar explícitamente los elementos que son representativos o con posibilidad de brindar mayor información.

El trabajo que se presenta a continuación está estructurado en tres capítulos. El Capítulo 1 contempla la fundamentación teórica de esta investigación, en la cual son expuestos los principales conceptos que contribuyen al mejor entendimiento del problema en cuestión, se especifican detalladamente todos los argumentos que esclarecen el objeto de estudio y se explican sintetizadamente otras soluciones existentes.

Por su parte, en el Capítulo 2 se realiza un estudio detallado de un conjunto amplio de herramientas y tecnologías libres que se utilizan a nivel internacional para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica. Paralelamente a esto se estudian un conjunto de metodologías (ágiles o pesadas) que se utilizan en el mundo para el desarrollo de software de forma general.

Por último, en el Capítulo 3 se realiza una descripción de las tecnologías y herramientas que finalmente se seleccionaron para el desarrollo de los SIG en la UCI así como de la metodología de software que se empleará para su desarrollo. Finalmente se expone la guía metodológica para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica.

Para finalizar se presentan las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas, la bibliografía, un glosario de términos y el conjunto de anexos para un mejor entendimiento de lo expuesto a lo largo del trabajo.

CAPÍTULO 1

Fundamentación Teórica

Introducción

En la actualidad los avances tecnológicos, sumados, a que buena parte de las actividades humanas tengan un componente locacional, han provocado que se disponga de un importante volumen de datos geo-referenciados. Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) pretenden catalogar y poner al alcance del público en general toda esta información que, con frecuencia, es desconocida o no tiene canales adecuados para darse a conocer.

Gracias al desarrollo en informática y telecomunicaciones, que por un lado han mejorado y continúan mejorando la capacidad de cálculo, almacenamiento y representación de información y por el otro, están permitiendo que esa información transite con fluidez entre los usuarios, en tan sólo una década se ha pasado de unos cuantos productores de cartografía, generalmente instituciones y grandes empresas especializadas, a un gran número de recolectores de datos, lo que incluye a muchos organismos, investigadores y empresas que ahora pueden explotar la dimensión espacial de su actividad. También se han multiplicado los potenciales usuarios, gracias a la mejora de uso de los paquetes de software de manipulación de datos espaciales y a la propia existencia de datos espaciales de referencia.

Se puede afirmar entonces que en la actualidad hay una fuerte demanda de datos espaciales. Cada vez es mayor el crecimiento de información geográfica y la necesidad de controlarla es de importante prioridad para investigadores y programadores. Debido a esta necesidad, los Sistemas de Información Geográfica “se sitúan en este contexto como una categoría más dentro de los Sistemas de Información que se caracteriza por utilizar datos “localizados” o geo-referenciados según unas coordenadas relativas a un sistema común de referencia espacial” (ECHEVERRIA, 2007).

Es precisamente el Sistema de Información Geográfica el objetivo esencial sobre el cual gira la investigación realizada para el desarrollo del capítulo 1, de ahí que se haya hecho necesario plantear los fundamentos teóricos que contribuyen al mejor entendimiento del mismo, desde los conceptos asociados al dominio del problema y descripción del objeto de estudio en cuestión, hasta el análisis de un conjunto de soluciones que son utilizadas en la actualidad para la construcción de los SIG y que pudieran constituir de gran utilidad para la elaboración de la solución.

1.1 Conceptos asociados al dominio del problema

Con el objetivo de que el lector pueda tener una comprensión mayor de los temas que serán abordados en este capítulo, directamente relacionados con el objeto de estudio de la investigación, se describen detalladamente a continuación un grupo de conceptos asociados al dominio del problema, entre los que se destacan: Geomática, Sistemas de Información Geográfica, Infraestructura de Datos Espaciales y Software Libre.

1.1.1 Geomática

Luego de un profundo estudio, un colectivo de autores de la Universidad de New Brunswick, en Canadá, concluye que la geomática “comprende la ciencia, ingeniería y arte empleada en la colecta y manejo de información geográficamente referenciada. La información geográfica juega un papel protagónico en actividades tales como monitoreo ambiental, manejo de recursos terrestres y marinos, transacciones de bienes raíces, monitoreo de presas, campos petrolíferos y minas, navegación de embarcaciones y aeronaves, oceanografía, y turismo” (BRUNSWICK, 2001).

Sin embargo, otro estudio realizado sobre la misma temática, en la Universidad New South Wales, en Australia, rebela que la geomática “es el término científico moderno haciendo referencia a la integración de mediciones, análisis, manejo, almacenamiento y despliegue de descripciones y localizaciones de datos terrestres, también conocidos como datos espaciales. Estos datos provienen de múltiples fuentes, incluyendo satélites artificiales, sensores en bases aéreas y marinas, y instrumentos de medición terrenos (La geomática) es fundamental para todas las disciplinas goecientíficas que usan datos espacialmente relacionados” (WALES, 2001).

De forma similar otros autores expresan que la Geomática es el término científico moderno que hace referencia a un conjunto de ciencias en las cuales se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica. También llamada información espacial o geoespacial. El término, Geomática, esta compuesto por dos ramas "GEO" por Geoide, y MATICA por Informática, Es decir estudio del Geoide o globo terrestre a través de la informática (tratamiento automático de la información). Este término nacido en Canadá ya es parte de las normas de estandarización ISO Organización Internacional para la Estandarización y esta siendo reconocido en Europa, Asia, África, América Central y del Sur, como una nueva disciplina de la Geografía matemática. Otros organismos, en especial en los EE. UU., han optado por el término tecnología geoespacial.

La Geomática es la ciencia y tecnología que trata de la recopilación, análisis, interpretación, distribución y uso de la información geográfica. La Geomática abarca una amplia gama de tecnologías que se pueden conjuntar en un sistema común de referencia espacial para crear una imagen detallada, pero comprensible del mundo material y del lugar que ocupamos en el mismo. Entre estas tecnologías se incluyen las siguientes:

- Tecnología de Sistemas de Información Geográfica;
- Tecnologías de Determinación de Posición Global;
- Tecnología de Telesensores;
- Tecnologías de Cartografía Digital y
- Levantamiento Catastral.

La Geomática está direccionada a resolver problemas globales y de la comunidad, mejorando así la calidad de vida de las personas. Aplicando los criterios de colección, administración y representación de la data geoespacial se sirve al bien común en diferentes niveles de la sociedad: Estados, gobiernos provinciales, municipalidades, instituciones; a las personas directa e indirectamente. Contar con la información geoespacial completa, al día y en mismo sistema de referencia es hoy de extrema importancia para la economía y el desarrollo social.

1.1.2 Sistemas de Información Geográfica

Los SIG abarcan y constituyen una parte fundamental de las distintas esferas de la vida, de ahí que su importancia esté dirigida fundamentalmente en la obtención de soluciones para muchos problemas que frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas geográficamente o mediante distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando datos geográficos, analizar patrones, relaciones, y tendencias en la información, teniendo en cuenta el objetivo primordial de contribuir a la toma de mejores decisiones.

“Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información”. (YAGÜEZ y LANGHI, 2002).

Existen muchas definiciones de lo que es un SIG, quizás la más extendida y aceptada es la que hace el National Center for Geographic Information and Analysis de EE.UU., que describe a los SIG como "Un sistema compuesto por elementos informáticos (hardware y software) y métodos diseñados para permitir la adquisición, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión" (LINDE, 2000).

Una definición más completa y aceptada podría estar dirigida a pensar en un SIG como un sistema de hardware, software y un conjunto de procedimientos diseñados con el objetivo de facilitar la obtención, manipulación, gestión, modelado, análisis, representación y salida de de información geo-referenciada, para resolver problemas complejos de planificación y gestión, y contribuir a la toma de decisiones.

1.1.3 Información Geográfica

“Se denomina Información Geográfica (IG) a aquellos datos espaciales georreferenciados requeridos como parte de las operaciones científicas, administrativas o legales. Dichos datos espaciales suelen llevar una información alfanumérica asociada.

Se estima que el 80% de los datos corporativos existentes en todo el mundo poseen esta componente geográfica” (YAGÜEZ y LANGHI, 2002).

1.1.4 Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)

“La definición clásica de una IDE es básicamente tecnológica, ya que la presenta como una red descentralizada de servidores, que incluye datos y atributos geográficos; metadatos; métodos de búsqueda, visualización y valoración de los datos (catálogos y cartografía en red) y algún mecanismo para proporcionar acceso a los datos espaciales. Pero puede ser útil considerar una definición más de tipo organizativo, que vendrían a decir que el término IDE se utiliza para denotar el conjunto básico de tecnologías, políticas y acuerdos institucionales destinados a facilitar la disponibilidad y el acceso a la información espacial. En este sentido se entiende que el término infraestructura lo que quiere es enfatizar la existencia de un entorno solvente y sostenido que garantice el funcionamiento del sistema. Una IDE puede implementarse en una empresa, un centro de investigación, un organismo oficial, como ayuda para la gestión de su propia información espacial, y también puede implantarse como servicio público enlazando otras IDE” (SUBIRANA, 2004).

También llamada:

- Infraestructura de Datos Geoespaciales
- Infraestructura de Datos Geográficos, o incluso
- Infraestructura de Información Geográfica

“Una IDE (Infraestructura de Datos Espaciales) es un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas Web,...) dedicados a gestión Información Geográfica (mapas, imágenes de satélite), disponibles en Internet, que cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, especificaciones, protocolos, interfaces,...)

que permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda utilizarlos y combinarlos según sus necesidades.

El establecimiento de una IDE, a nivel local, regional, estatal o global, requiere del acuerdo de los productores, integradores y usuarios de datos espaciales del ámbito territorial en el que se establece. Este acuerdo debe considerar también las IDE definidas, o en definición, en otros ámbitos territoriales superiores, hacia las cuales deberá converger.

La justificación del establecimiento de una IDE, esta ligada a dos ideas fundamentales:

- La necesidad de manera fácil, cómoda y eficaz de los datos geográficos existentes. La Información Geográfica ha sido hasta ahora un recurso de costosa producción y difícil acceso por varios motivos: formatos, modelos, políticas de distribución, falta de información,...
- La oportunidad de reutilizar la Información Geográfica generada en un proyecto para otras finalidades diferentes, dado el alto coste de su producción” (MAYORAL, 2008).

1.1.5 Datos espaciales

Los datos espaciales son informaciones sobre la localización y las formas de un objeto geográfico y las relaciones entre ellos, normalmente con coordenadas y topología.

Los datos geográficos son entidades espacio-temporales que cuantifican la distribución, el estado y los vínculos de los distintos fenómenos u objetos naturales o sociales.

Los datos espaciales refieren a entidades o fenómenos que cumplen los siguientes principios básicos:

- Tienen posición absoluta: sobre un sistema de coordenadas (x, y, z).
- Tienen una posición relativa: frente a otros elementos del paisaje (topología: incluido, adyacente, cruzado, etc.)
- Tienen una figura geométrica que las representan (punto, línea, polígono)
- Tienen atributos que lo describen (características del elemento o fenómeno)

1.1.6 Entorno Libre o Software Libre

“El Software Libre se refiere a la libertad de los usuarios de correr, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software. Más precisamente, se refiere a las cuatro libertades de los usuarios de software:

1. [1a libertad] La libertad de correr el programa, con cualquier propósito.
2. [2a libertad] La libertad de estudiar como funciona el programa, y adaptarlo a sus necesidades. El acceso al código fuente es una precondition para esto.
3. [3a libertad] La libertad de distribuir copias de manera que se puede ayudar a los demás.
4. [4a libertad] La libertad de mejorar el programa, y liberar las mejoras al público de tal manera que toda la comunidad se beneficia. El acceso al código fuente es una precondition para esto” (A.ABELLA *et al.*, 2003).

1.2 Objeto de Estudio

1.2.1 Descripción General

La introducción de esta investigación refleja que el objeto de estudio sobre el cual versa este trabajo de diploma es el Sistema de Información Geográfica, de ahí que se hace necesario que para un mejor entendimiento del mismo se comiencen planteando un conjunto de conceptos que definen a los SIG de forma general. Es preciso que se reflejen además un conjunto de temáticas que caracterizan a los SIG de forma abarcadora como sus componentes, elementos fundamentales, la forma de representarlos, algunas de sus aplicaciones, sus beneficios, ventajas, importancia, entre otros.

1.2.1.1 Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Durante los últimos años, los SIG se han consolidado como una de las más importantes herramientas de trabajo especializadas en el manejo de la información relacionada con diversos niveles de agregación espacial o territorial, más conocida como información espacial, lo cual está creando la necesidad de que investigadores, analistas, planificadores y demás usuarios de dicha

información conozcan acerca de esta tecnología. A continuación se pone a consideración del lector un conjunto de información recopilada que ayudará en gran medida a la comprensión de los SIG, que constituyen el objeto de estudio de la investigación.

Algunos autores definen a un SIG como el “conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato”. (RODRÍGUEZ *et al.*, 1998).

“Los SIG son sistemas de computación que utilizan información locacional, como domicilios, número de lotes, distritos electorales, o coordenadas de longitud y latitud, para mapear información para mejor análisis. Con un SIG, se puede mapear clientes para estudiar demografía, buscar patrones en la forma en que se dispersa una enfermedad, modelar el paso de la contaminación atmosférica, y mucho más. Es un sistema dinámico que permite seleccionar y eliminar cualquier criterio para mapear, para analizar rápidamente cómo diferentes factores afectan a un modelo o análisis”. (LEO, 2002).

Lo común que caracteriza las definiciones de SIG, consiste en que todas coinciden en referirse al mismo como un sistema integrado para trabajar con información espacial, y que constituye una herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas de las distintas áreas vitales, pero como mismo tienen rasgos en común, también presentan diferencias; algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones.

Un SIG puede mapear cualquier información almacenada en plantillas o bases de datos, que tenga un componente geográfico que permita ver patrones, relaciones y tendencias, que no pueden verse en un formato de tabla o lista. Da una perspectiva totalmente nueva y dinámica de la información, y ayuda a tomar mejores decisiones.

Operar con un SIG requiere un proceso de trabajo que comprende la toma de datos, la gestión de los mismos con un programa informático y la presentación de múltiples mapas temáticos en función del aspecto concreto a tratar. Una vez recogidos los resultados se procede al cruce de la información,

sometiéndola a operaciones algebraicas y posteriormente se extraen conclusiones que lleven a la identificación de unidades y que ayuden a configurar el modelo del complejo sistema que conforma por ejemplo un edificio.

Hasta aquí se han expuesto algunas de las definiciones más importantes de los SIG desde diferentes puntos de vista, sin salirse del enfoque general por el que se caracteriza esta investigación.

1.2.1.2 Componentes de un SIG

Debido a su complejidad, y aunque cuentan con una gran capacidad de análisis, los SIG no surgen de la nada, ni pueden existir por sí mismos, son el resultado de un arduo proceso de un equipo de trabajo, por lo que resulta de gran importancia que se tenga una organización, personal y equipamiento responsable para su implementación y mantenimiento.

1.2.1.2.1 Hardware

“Los SIG corren en un amplio rango de tipos de computadores desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red, una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir con las necesidades de aplicación” (RODRÍGUEZ *et al.*, 1998).

El hardware no es más que el equipo de cómputo en la que opera el SIG, que actualmente puede ir desde computadoras centralizadas hasta individuales o de red. Resulta de gran importancia para toda organización o grupo desarrollador de software contar con el hardware suficiente específico para cumplir las necesidades de la aplicación.

1.2.1.2.2 Software

Los programas SIG proveen las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica, los componentes principales del software SIG son:

- 1- Sistema de manejo de base de datos.
- 2- Una interfaz gráfica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas.

- 3- Herramientas para captura y manejo de información geográfica. Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

El software resulta un componente SIG de gran importancia, debido a que es el encargado de proveer las funciones y las herramientas que se necesitan para almacenar, analizar y mostrar la información geográfica.

1.2.1.2.3 Información o datos

“Probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfico son sus datos. Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los manejadores de base de datos más comunes para manejar la información geográfica” (MONSALVE y CARMONA, 1997).

“Es evidente que los datos son el principal activo de cualquier sistema de información. Por ello el éxito y la eficacia de un S.I.G. se miden por el tipo, la calidad y vigencia de los datos con los que opera” (LINDE, 2000).

Constituyen el componente fundamental de un SIG. Los SIG no cumplirían objetivo si no existiera la información sobre la cual se pudiera trabajar. Es muy importante para el desarrollo de SIG que se cuente con buenos datos de base. Para ello lo más óptimo sería crear y mantener una base de datos para un mejor manejo de los datos.

1.2.1.2.4 Personal

“Las tecnologías SIG son de valor limitado sin los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desactualiza y se maneja erróneamente, el hardware y el software no se manipula en todo su potencial. Cuando se define un SIG se tiende a limitar a equipos y programas como el sistema completo, relegando tal vez el elemento más primordial: El talento humano que hace funcionar eficazmente todo el sistema” (RODRÍGUEZ *et al.*, 1998).

Constituyen un componente importante ya que sería imposible la tecnología SIG sin un personal que maneje el sistema y que desarrolle los planes para aplicarlos.

1.2.1.2.5 Métodos

“Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización” (MONSALVE y CARMONA, 1997).

Los métodos son los planes y las reglas de la actividad que, bien diseñados, contribuyen al desarrollo exitoso de los SIG.



Figure 1 Componentes básicos de un Sistema de Información Geográfica

Para lograr una mejor operabilidad del SIG, además de contar con todas las condiciones tecnológicas necesarias, la utilización eficaz del SIG requiere contar con un personal suficientemente capacitado, así como la planificación, organización y supervisión necesarios para mantener la buena calidad de los datos y la integridad de los productos finales requeridas.

1.2.1.3 Elementos básicos de un SIG

- **“Puntos:** Los puntos son elementos unidimensionales representados por un par de coordenadas X, Y. la elevación en la propiedad opcional de un punto. Algunos otros identificadores del punto también son opcionales.
- **Líneas:** Las líneas están formadas por un punto inicial y otro final, y pueden tener o no vértices entre sus dos puntos finales. Las líneas que no tienen vértices entre sus puntos finales se denominan como líneas, líneas individuales, líneas de dos puntos o líneas discretas. Las líneas con uno o más vértices entre sus puntos finales se conocen como polilíneas. El término línea es utilizado algunas veces como una palabra genérica para referirse a cualquiera de los tipos de líneas descritos anteriormente. Las líneas y las polilíneas tienen valores de elevación en sus puntos finales. Las polilíneas no tienen elevaciones en sus vértices intermedios.
- **Curvas**

Las curvas son elementos circulares almacenados como polilíneas en la base de datos, la cual mantiene información sobre su radio y otros atributos de la curva. Las curvas pueden ser círculos completos o solo arcos y pueden definirse en el sentido que giran las agujas del reloj o en el sentido inverso; sin embargo con algunas excepciones, son dibujadas como polilíneas orientadas en el sentido que giran las agujas del reloj. Los arcos tienen elevaciones en sus puntos finales; en tanto que los círculos tienen solo un valor de elevación (dos puntos finales idénticos).
- **Polígonos:** Los polígonos representan figuras geométricas cerradas, formadas por tres o más vértices que simbolizarse utilizando colores sólidos y tramados. Aún cuando las polilíneas y las curvas pueden formar figuras cerradas, no conforman polígonos. Un polígono tiene un valor de elevación solo en su punto inicial/final” (FALLAS, 2001).
- **Rasters:** celdas (en una matriz o una retícula, que en pantalla corresponde a los pixeles).

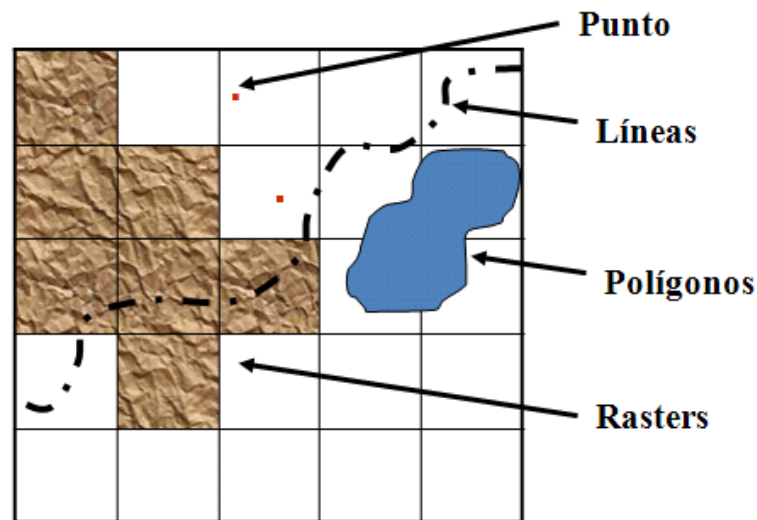


Figura 2 Elementos básicos de un SIG

Los SIG descomponen la realidad en distintos temas o capas de información, cada uno de estos compuesto por elementos geográficos a los que se les asocia una tabla de atributos en donde se presentan sus características o atributos.

“La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de la información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos” (YAGÜEZ y LANGHI, 2002).

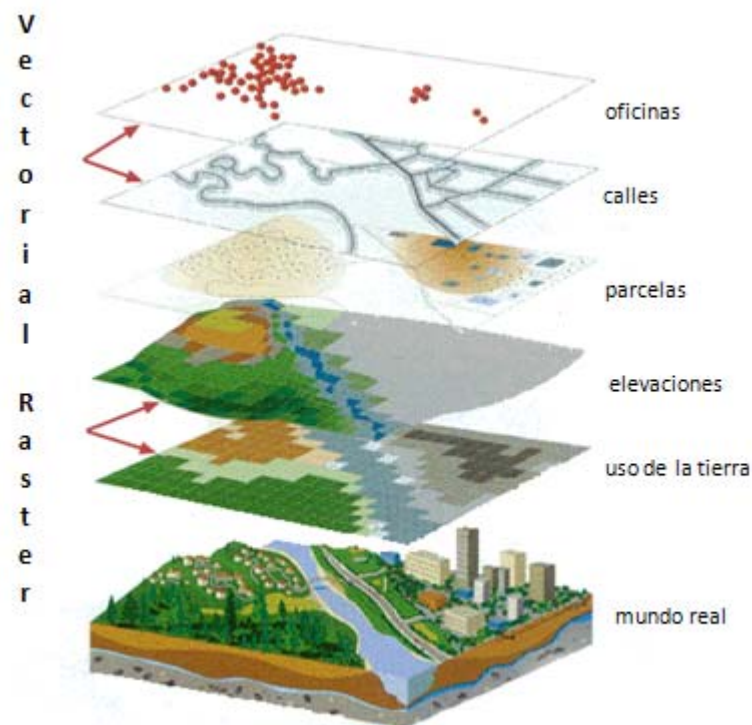


Figure 3 Capas de un SIG

1.2.1.4 Representación y proyección de datos en SIG

Como bien se ha explicado antes, los SIG representan los datos verdaderos del mundo (los objetos discretos y campos continuos) que usan datos digitales. Si los datos existen en forma ordinaria entonces puede ser utilizado en convertir coordenadas dentro del formato digital. Mientras que los datos de entrada dentro del GIS no necesitan especificar las identidades de los objetos en el mapa así como sus relaciones espaciales. La representación de datos en SIG es usar el hecho después de los métodos:

- **Formato raster:** “El formato raster se obtiene cuando se "digitaliza" un mapa o una fotografía o cuando se obtienen imágenes digitales capturadas por satélites. En ambos casos se obtiene un archivo digital de esa información” (MONSALVE y CARMONA, 1997).

En este formato, la captura de la información se realiza mediante los siguientes medios: scanners, imágenes de satélite, fotografía aérea, cámaras de video entre otros.

- **Formato vectorial:** “La información gráfica en este tipo de formatos se representa internamente por medio de segmentos orientados de rectas o vectores. De este modo un mapa queda reducido a una serie de pares ordenados de coordenadas, utilizados para representar puntos, líneas y superficies” (MONSALVE y CARMONA, 1997).

En este formato, la captura de la información se realiza mediante: mesas digitalizadoras, convertidores de formato raster a formato vectorial, sistemas de geoposicionamiento global (GPS), entrada de datos alfanumérica, entre otros.

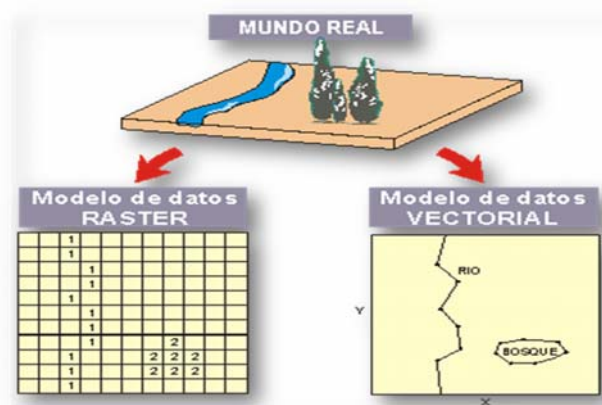


Figure 4 Modelo de datos de un SIG

1.2.1.5 Aplicaciones de los SIG

Hoy en día, los SIG son utilizados como una importante herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones en la mayoría de los sectores y esferas de la vida, sus aplicaciones no tienen fronteras y se han convertido en parte de nuestras vidas casi sin darnos cuenta. A continuación se presentan algunos de los sectores en los que son aplicables los SIG:

1.2.1.5.1 Cartografía automatizada

Este componente de los SIG se implementa en entidades públicas para la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía, para luego, dichos planos, ser puestos a disposición de las empresas o clientes en los que puedan resultar de utilidad estos productos. Posteriormente, estas entidades se encargan de proveer las versiones actualizadas de dichos productos.

1.2.1.5.2 En infraestructuras

Los SIG son constantemente empleados por empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y gestión de redes de electricidad, teléfonos, gas, agua, alcantarillados, y otros. De ahí, que los SIG se caractericen por almacenar, en las mismas, información alfanumérica de servicios, que se encuentra relacionada a las distintas representaciones gráficas de los mismos. El motivo para que estos sistemas almacenen información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, es de permitir realizar análisis de redes.

La elaboración de los mapas, y así como los diferentes tipos de consultas, que pueden ser de tipo graficas o alfanuméricas, juegan un papel importante ya que representan las funciones más comunes para estos sistemas, y que además son utilizados en distintos tipos de servicios relacionados con estaos sistemas.

1.2.1.5.3 Gestión territorial

Este tipo de aplicaciones SIG, dirigidas a la gestión de entidades territoriales, resultan de gran importancia ya que facilitan labores de mantenimiento de infraestructuras, mobiliario urbano y otras y permiten realizar una manera más óptima los trabajos de mantenimiento de empresas de servicios. Permiten además un rápido acceso a la información gráfica y alfanumérica, por lo tienen la facilidad de generar documentos con este tipo de información, de la misma forma que suministran las herramientas necesarias para el análisis espacial de la información.

1.2.1.5.4 Medio Ambiente

Estas aplicaciones son implementadas por instituciones de medioambiente, son integradas con sistemas de adquisición de datos permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes y otros factores que resulten dañino para la salud ambiental, con el objetivo de tomar las precauciones y medidas del caso y de esta forma facilitar la evaluación del impacto medioambiental en la ejecución de proyectos. Constituyen de ayuda fundamental en el desarrollo de trabajos encaminados a la protección y conservación del medio ambiente y de esta forma mantener el equilibrio de los ecosistemas.

1.2.1.5.5 Equipamiento social

Constituyen aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de servicios de impacto social, tales como servicios sanitarios, centros escolares, hospitales, y demás servicios sociales. Funcionan, dada una determinada zona, suministran toda la información sobre los centros existentes y contribuyen en la planificación en cuanto a la localización de nuevos centros. Algo muy importante para aumentar la productividad al optimizar recursos, es contar con un buen diseño y una buena implementación de estos SIG, ya que permiten asignar de una forma más organizada los centros a los usuarios y cubrir con mayor eficiencia la totalidad de la zona de influencia.

1.2.1.5.6 Recursos mineros

Estos SIG facilitan el manejo de un gran volumen de información de recursos minerales generado de varios años de explotación intensiva. Además son de gran importancia en la obtención de herramientas de modelamiento de las capas o formaciones geológicas. Estas herramientas son capaces de suministrar funciones para la realización de análisis en el desarrollo de los recursos mineros de una región determinada.

1.2.1.5.7 Tráfico

Los SIG son utilizados “para modelar la conducta del tráfico determinando modelos de circulación por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. Asignando un coste a los nodos (o puntos) en los que puede existir un semáforo, se puede obtener información muy útil relacionada con análisis de redes” (RODRÍGUEZ *et al.*, 1998).

Las aplicaciones de este tipo son de gran importancia, ya que permiten un control mayor del tráfico por parte de las autoridades en una zona determinada, además de brindar numerosos servicios públicos de ayuda y de esta forma evitar mayores accidentes y contribuir con bienestar de la sociedad.

1.2.1.5.8 Demografía

Como se ha podido observar, se evidencian en este tipo de SIG un conjunto de diversas aplicaciones, que pueden ser: el análisis para la implantación de negocios o servicios públicos,

zonificación electoral y otras, encargadas en la utilización de diversas características demográficas muy importante para la toma de decisiones.

1.2.1.6 Cuestiones a las que responde un SIG

Los SIG son de gran ayuda en el estudio de la distribución y monitoreo de recursos, de todo tipo, tanto naturales como humanos, además contribuyen en la evaluación del impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente y el equilibrio de los ecosistemas, y así de esta forma brindar toda la información disponible, la mayoría en las bases de datos, para contribuir en la planificación de actividades destinadas a la preservación de los recursos naturales y en otras muchas actividades en las que es necesario el manejo de grandes masas de información geo-referenciada.

1.2.1.7 Construcción de un SIG

“La construcción e implantación de un S.I.G. en cualquier organización es una tarea siempre gradual, compleja, laboriosa y continua. Los análisis y estudios previos a la implantación de un S.I.G. son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información. Pero en los S.I.G., además, hay que considerar las especiales características de los datos que utiliza y sus procesos de actualización” (LINDE, 2000).

Construir un SIG no es tarea fácil, se debe tener en cuenta muchos factores muy importantes para el funcionamiento de un SIG, como son: en primer lugar el sistema operativo en el cual se va a ejecutar la aplicación, los sistemas gestores de bases de datos geográficas, los servidores de mapas, las herramientas de metadatos, todas estas pertenecientes al lado servidor, del lado cliente se deben tener en cuenta las herramientas pertenecientes a los clientes pesados o de escritorio y los clientes ligeros, web, además contando con el apoyo de bibliotecas y librerías. Es la unión de todas estas herramientas lo que se convierte en un potente SIG destinado al monitoreo, control y manipulación de información geográfica.

1.2.1.8 Los SIG permiten

Hoy en día, debido a la disminución en el costo de los Sistemas Informáticos debido al desarrollo que han alcanzado y su impacto en las diversas esferas de la vida, están materializándose importantes

beneficios económicos en las empresas y entidades que implementan esta tecnología SIG. Entre estos beneficios a continuación se destacan:

- Realizar un gran número de manipulaciones, sobresaliendo las superposiciones de mapas en corto tiempo, transformaciones de escala, la representación gráfica y la gestión de bases de datos, así como su administración y mantenimiento.
- Consultar rápidamente las bases de datos, tanto espacial como alfanumérica, almacenadas en el sistema, con información exacta, actualizada y centralizada.
- Realizar pruebas analíticas complejas rápidas y repetir modelos conceptuales en despliegue espacial, sin la necesidad de repetir actividades redundantes o tediosas.
- Minimización de costos de operación e incremento de la productividad.
- Ayuda en la toma de decisiones con el fin de focalizar esfuerzos y realizar inversiones más efectivas.
- Comparar eficazmente los datos espaciales a través del tiempo (análisis temporal).
- Efectuar algunos análisis, de forma rápida que hechos manualmente resultarían largos y molestos.
- Integrar en el futuro, otro tipo de información complementaria que se considere relevante y que este relacionada con la base de datos nativa u original.

1.2.1.9 Ventajas de usar un SIG

Se puede hacer uso de los SIG para realizar análisis espaciales eficaces con datos recogidos de diversos puntos de información. Los resultados de estos análisis ayudan a construir una relación causa-efecto o pueden proporcionar soluciones valiosas a una amplia gama de problemas dependiendo del propósito para el cual se emplee el SIG.

Hoy en día, son muchas las personas que hacen uso de los SIG en casi todas las áreas y esferas de la vida. Los SIG son considerados una herramienta eficiente capaz de ayudar a realizar la organización y la administración de la base de datos de la industria (perteneciendo a la información geográfica o a otros detalles que se relacionan) y a la gerencia y análisis eficaces de la base de datos. Los científicos, actualmente, están trabajando para mejorar el uso de los SIG en la obtención de resultados más exactos y que brinden un mejor servicio al cliente.

- Visualización e interpretación de mapas, por su elevada aptitud gráfica.

- Acceso inmediato a listados alfanuméricos, informes, gráficos y estadísticas.
- Edición de mapas.
- Creación de hipótesis con los datos, en previsión de situaciones futuras.
- Análisis espacial mediante consultas selectivas (se puede “preguntar” al sistema una cuestión simple o una de mayor complejidad acerca de sus atributos alfanuméricos, su posición espacial, su posición relativa, etc.).

Por ser tan versátiles los SIG, su campo de aplicación es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías, ha incidido de manera decisiva en su evolución, convirtiéndose en potentes herramientas especializadas en el control y gestión de la información.

1.2.1.10 Importancia de un SIG

Los SIG tienen gran importancia, constituyen las “soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía, analizar patrones, relaciones, y tendencias en la información, todo con el interés de contribuir a la toma de mejores decisiones” (RODRÍGUEZ *et al.*, 1998).

Un SIG “no es un sistema automático de toma de decisiones, pero es una herramienta para consultar, analizar y mapear datos como soporte del proceso de toma de decisiones. La tecnología SIG usado para asistir en tareas tales como presentar información en encuestas de planeamiento, ayudar a resolver disputas territoriales y ubicar pilones de tal forma de minimizar intrusión visual” (LEO, 2002).

La importancia de los SIG no tiene límites, y se puede por ejemplo cuando se considera el impacto de un desastre natural como un terremoto, la tecnología SIG permite el análisis de la información geológica y sísmica, para luego ser relacionada detalladamente sobre la población, propiedades e infraestructura que han sido o pueden ser afectadas y de esta manera evitar mayores desastres de cualquier índole y preservar vidas humanas. Esta es una de las tantas aplicaciones de los SIG en la toma de mejores decisiones, el cual constituye uno de sus objetivos primordiales.

1.2.2 Descripción actual del dominio del problema

La Universidad de las Ciencias Informáticas constituye hoy día un centro de altos estudios en el cual se vinculan de forma directa tres procesos que son de gran significación para el avance económico y científico de toda sociedad: la docencia, la producción y la investigación. En los pocos años que tiene de fundada se han estado identificando y se ha venido trabajando en un conjunto de temáticas que forman parte de las líneas investigativas que de forma creciente, se han ido adhiriendo al perfil que caracteriza a cada facultad de la universidad. Estos nuevos campos en los que se ha ido incursionando han ido surgiendo a medida que se gana en experiencia y solidez en el desarrollo de software y que a su vez se ha identificado que a nivel internacional gozan de gran demanda por su significativo aporte en determinadas áreas del conocimiento y en el desarrollo directo de un conjunto de sectores claves para el crecimiento del país. Tal es el caso de los llamados Sistemas de Información Geográficos, los cuales han sido caracterizados de forma general en el desarrollo de esta investigación.

Es importante destacar que aunque de forma aislada un conjunto muy finito de personas había trabajado en estos temas y algún que otro proyecto había incursionado en los mismos debido a la propia necesidad de integrar determinadas soluciones que brindan estos sistemas al desarrollo de un producto en particular, no estaba identificada esta temática que goza de gran significación y de un impacto enorme dentro del perfil de ninguna facultad.

Después de varios análisis a nivel de Universidad es que se decide finalmente en este curso escolar incluir el desarrollo de los SIG dentro del perfil de la Facultad 9, específicamente formando parte del novedoso Polo de Geoinformática.

A medida que se fue conociendo la complejidad que tiene un desarrollo de este tipo incluyendo todo el gran espectro que puede abarcar una solución de estas, es que se plantea la necesidad de tener una metodología o guía metodológica, hasta el momento inexistente en la UCI, para desarrollar los productos que se han ido solicitando de manera creciente por un conjunto amplio de entidades.

1.2.3 Situación problemática

La época que se está viviendo, conocida como sociedad de la información o del conocimiento, es una consecuencia de la explosión y del uso de las nuevas tecnologías y de la posibilidad de acceder a un gran volumen de información, gracias sobre todo a Internet. La información digital ha crecido de manera exponencial y su difusión no está limitada por ninguna frontera geográfica ni política.

Lo mismo pasa con la información geográfica. Durante los últimos años se ha producido un creciente uso de las tecnologías de la información espacial: sistemas de información geográfica, teledetección, sistemas de posicionamiento global, entre otros que han revolucionado las formas tradicionales de producción, distribución, aplicaciones y uso de la información geoespacial, a la vez que se está descubriendo que un gran número de fenómenos tienen una clara componente geográfica que permite la comprensión y el análisis de su dinámica.

Hoy día, existe una gran demanda en el mercado internacional de Sistemas de Información Geográfica, lo que ha traído consigo que se haya hecho necesario que determinadas empresas de software le hagan frente a estas peticiones que cada día continúan acrecentándose de una forma vertiginosa.

La Universidad de las Ciencias Informáticas no se ve exenta de esta gran responsabilidad, que en el último tiempo ha venido a formar parte de sus prioridades, lo que hace que deba trazarse un plan para poder darle solución a cada uno de los proyectos que existen o que puedan surgir a raíz de lo antes explicado.

Es importante aclarar que “la creación de la Universidad de las Ciencias Informáticas trajo asociado un factor determinante para el desarrollo profesional y crecimiento económico del país: el establecimiento del vínculo entre la docencia y la producción como modelo de formación estudiantil, relación que establecería que los estudiantes y profesores pertenecientes a la misma estarían vinculados desde los primeros años a la producción, bajo el compromiso de dedicar todo su empeño en función de lograr resultados que pusieran en alto el nombre de esta gran universidad-empresa en la industria del software.

Para lograr la relación entre el estudio y el trabajo productivo se decidió que cada facultad se identificara con un perfil para el desarrollo del software y se crearan en las mismas un conjunto de

proyectos productivos, a los cuales se irían asociando gradualmente un significativo número de estudiantes hasta lograr un 100% de incorporación. Estos perfiles han ido sufriendo transformaciones con el decursar de los años con respecto a su concepción inicial, su organización y su asignación respectiva a determinada facultad”.

Finalmente en la Facultad 9 recayó la enorme responsabilidad de asumir todo lo relacionado con el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica. Las peticiones relacionadas con esta línea se acrecientan día a día y se hace necesario que exista una solución propia que organice de forma centralizada la ejecución exitosa de los proyectos de este tipo y que permita poder asimilar de forma creciente todos los desarrollos que de ahora en lo adelante sean necesarios llevar a cabo, en el tiempo, con el coste y calidad requeridas.

La dificultad principal para la elaboración de productos de este tipo en la Facultad y de forma general en la Universidad, se debe fundamentalmente a la existencia de un reducido número de metodologías a nivel internacional que le den solución a esta problemática, y a la inexistencia de al menos alguna guía metodológica que particularmente puedan adaptarse a las condiciones en las cuales se desarrolla el software en nuestra Universidad o simplemente se adecue a las necesidades del Polo de Geoinformática.

La reducida experiencia del personal, la falta de metodología o guía metodológicas para el desarrollo de los SIG y el desconocimiento de las herramientas que se utilizan para su construcción ha traído consigo un conjunto de deficiencias que influyen negativamente en la obtención de productos con la calidad requerida, en el tiempo planificado, con los costes acordados y la completa satisfacción del cliente, para el cual se trabaja.

1.3 Análisis de Soluciones Existentes

El desarrollo de este epígrafe se centra en el análisis de un conjunto de soluciones que existen hoy a nivel internacional para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica. Dos de ellas han sido planteadas de forma tal que se puedan ajustar a desarrollos de SIG en cualquier tipo de empresa, es decir, han sido definidas con un enfoque genérico, que es el caso de la “Metodología Sistémica para la implantación de Sistemas de Información Geográficos” y “Fases de un proyecto SIG” y otras dos creadas para el desarrollo de SIG en áreas determinadas: “Metodología para la Creación de

Sistemas de Información Geográfica en Transporte para la Planificación y la Gestión urbana” y “Sistema De Información Geográfica De Balizamiento”. El objetivo de este análisis está dirigido precisamente a determinar cuáles elementos de estas metodologías o guías metodológicas pudieran servir de apoyo para el planteamiento de la solución a la cual se desea arribar con el desarrollo de la investigación así como reflejar de alguna forma los puntos débiles o simplemente contradictorios que hacen que no sean la mejor opción para su utilización en el desarrollo de los SIG que se construyen en la Universidad.

1.3.1 Una Metodología Sistémica para la implantación de Sistemas de Información Geográficos.

La Metodología Sistémica para la implantación de SIG (Ver Anexo 1) surge como necesidad de desarrollar de manera exitosa un SIG eficaz y sinérgico, que logre minimizar el impacto organizacional que implica su establecimiento en la organización y facilite de forma efectiva la toma de decisiones a través de la obtención de información de alta calidad. Es producto del análisis y comparación de cuatro metodologías existentes: Stan Aronoff (Aronoff, 1989), Jack Dangermond (Dangermond, 1992), Armando Guevara (Guevara, 1992) y CPDI - Centro Procesamiento Digital de Imágenes - Instituto de Ingeniería (CPDI, 1996).

La metodología propuesta se caracteriza por perseguir un enfoque evolutivo e incremental, comprendiendo la presentación de un proyecto piloto a partir del cual se definen evolutivamente los requerimientos de los usuarios hasta lograr progresivamente la implantación completa del SIG.

La misma comprende 19 aspectos que se mencionan a continuación: Innovación/Medio Ambiente, Organización Informada, Divulgación al Personal, Formación/Educación, Análisis de las Necesidades de Información, Definición del Alcance del SIG, Conversión de Datos, Contratación de Servicio, Carga de Datos, Evaluación y Selección Tecnológica, Adquisición e Instalación de la Plataforma Tecnológica, Diseño Conceptual y Lógico de la Base de Datos, Desarrollo de Programas y Aplicaciones, Proyecto Piloto, Pruebas del SIG, Adiestramiento a Usuarios, Implantación del SIG y por último Operación y Mantenimiento.

Sería importante destacar que esta metodología comprende la adaptación de sus etapas al Sistema de Información Geográfica específico que se desee desarrollar en tres versiones: si se quiere desarrollar un SIG para inventario de recursos y producción cartográfica, si se pretende desarrollar un SIG orientado al análisis de información espacial, o a la toma de decisiones y finalmente si la

organización desea implantar un SIG que contemple las dos opciones anteriores. Para cada una de ellas se tienen en cuenta un conjunto de etapas que permiten la implantación del SIG de forma exitosa.

El estudio realizado para formular esta propuesta metodológica fue realmente abarcador y es digno resaltar que sin lugar a dudas comprende un significativo número de aspectos que cuando se suman garantizan que se construya un producto de alta calidad, que no solo vela por los aspectos de desarrollo concretamente sino que se tienen en cuenta un conjunto amplio de pasos que recogen de forma sintetizada características que de una forma u otra tienen una incidencia directa para el propio desarrollo de los SIG en el tiempo establecido, con el coste requerido y la calidad esperada. Teniendo en cuenta que el objetivo primordial de la guía metodológica que se desea elaborar es precisamente servir de apoyo a los equipos de desarrollo de la Universidad de las Ciencias Informáticas que se dedican a construir SIG para cualquier empresa que lo solicite, se concluye que solo es necesario tener en cuenta de esta metodología aquellas actividades que tributan directamente a la elaboración del producto en sí y a determinados aspectos ingenieriles que siempre deben estar presentes para la adecuada concepción del problema que se quiera resolver, pues los demás pasos que son contemplados en la misma están dirigidos más bien para un grupo de personas que se encuentre en una fase muy primaria, que no está organizada como equipo, que simplemente tienen que comenzar a asimilar la necesidad de adoptar la tecnología SIG y entrar en un proceso de formación/educación.

1.3.2 Fases de un proyecto SIG

Esta metodología se caracteriza por tener cuatro etapas: Determinar los objetivos del proyecto, Construir la Base de Datos, Analizar los datos y Presentar los resultados del análisis.

En la Determinación de los objetivos del proyecto se define básicamente el problema a resolver, se verifica si existe actualmente alguna solución, si existen métodos alternativos. Se decide además que ofrecerá el producto final que se desarrolla y quiénes serán los usuarios finales.

Por su parte la etapa de construcción de la Base de Datos está compuesta por tres pasos decisivos: Diseño de la base de datos, Automatización de los datos y Administración de la base de datos. Es importante resaltar que esta es la parte del proyecto que más tiempo consume pues la exactitud de la base de datos determina la calidad del análisis y del producto final.

La tercera etapa enfatiza que el análisis es donde los Sistemas de Información Geográfica cobran verdadera importancia y que un SIG eficiente es capaz de realizar tareas que de otra manera consumirían grandes cantidades de tiempo, o incluso serían imposibles.

En la cuarta etapa solo se plantea que el producto final deberá estar relacionado directamente con los objetivos del proyecto y que la presentación de los resultados no es más que la confección de los mapas que contienen la información deseada.

Cada una de estas etapas tiene un impacto directo en la solución propuesta ya que son lineamientos básicos a tener en cuenta a la hora de elaborar la guía que se necesita en esta investigación. Claro está que estas fases solo conforman el tronco común de la guía metodológica que deberá ser presentada, es decir, son elementos que no deben faltar pues juegan un papel primordial a la hora de elaborar un sistema de este tipo, pero que por si solos no resuelven la problemática de construir un SIG que pueda en un momento determinado tener determinados requerimientos, pero más que eso hay que tener en cuenta que lo que se quiere ante todo es desarrollar un software, que no será precisamente para la organización en particular que está elaborando esta propuesta metodológica, sino que estará dirigido a cualquier tipo de cliente, por lo que se tienen que tener en cuenta un conjunto de principios que garanticen la satisfacción del usuario final.

1.3.3 Metodología para la Creación de Sistemas de Información Geográfica en Transporte para la Planificación y la Gestión urbana.

Esta metodología consta de seis fases: Definición del Objetivo o Misión del Sistema, Definición de las Herramientas de Análisis, Diseño preliminar del Sistema de Información Geográfica, Recopilación de datos para el sistema, Carga del sistema, Salidas y Análisis de Resultados.

La misma ha sido diseñada con el objetivo de solucionar un problema puntual: que es precisamente el de crear el Sistema de Información Geográfica en Transporte (SIG-T) para la planificación y gestión urbana, de ahí que no se incluyan o se tengan en cuenta determinados requisitos que para la elaboración de otro SIG solicitado por una empresa u organización de cualquier índole, pudiera ser imprescindible.

Sin embargo, se debe destacar que después del análisis detallado de todas y cada una de las etapas contempladas en esta propuesta metodológica se llega a la conclusión que pueden ser completamente adaptables a la solución final a la cual se arribe en esta investigación. Aunque algunos de los principios que formen parte de la guía metodológica que se plantee, no sean nombrados de la misma forma que las fases anteriormente mencionadas, es válido aclarar que la esencia o significado de ellos será muy similar, aunque sean un poco más abarcadores. Claro está que la propuesta no solo estará conformada por los lineamientos que se plantean en esta metodología, pues por si solos no resuelven o abarcan todo lo que se necesita para construir los Sistemas de Información Geográfica que se desarrollan en la Universidad.

A continuación se referencian un conjunto de ideas expuestas por el autor de esta metodología que sintetizan lo que se realiza en cada fase.

Fase 1: Denominada Definición del Objetivo o Misión del Sistema, “constituye el germen inicial de cualquier proyecto SIG. En ella se definen las respuestas que se espera que aportará el SIG” (ORTIZ *et al.*, 2002).

Fase 2: Se denomina Definición de las Herramientas de Análisis, “corresponde a la selección del software y el hardware a emplear para el montaje del sistema” (ORTIZ *et al.*, 2002).

Fase 3: “Llamada Diseño preliminar del Sistema de Información Geográfica, es señalada por muchos autores y expertos como la base para el éxito de cualquier Sistema de Información Geográfica” (ORTIZ *et al.*, 2002).

En esta fase del proceso se abordaron los siguientes aspectos:

- Revisión de la misión del sistema.
- Definición del marco espacial, contexto y escalas de trabajo.
- Selección de variables relevantes.
- Definición de los tipos de entidades que representarán las variables.
- Definición de los atributos que caracterizan cada entidad.

Fase 4: Se designa Recopilación de Datos para el Sistema. En la misma “se identifican las fuentes de información secundaria (especialmente cartográficas), se elaboran planillas de recolección de

datos en campo (datos atributivos), y se realiza la programación del levantamiento y la selección de la muestra a levantar” (ORTIZ *et al.*, 2002).

Fase 5: Es conocida por Carga del sistema y se lleva a cabo en dos etapas: “ 1) Pre-procesamiento y carga de la información, 2) Ensamblaje e integración del sistema. Para cada una de esas etapas, se trabajó en los dos componentes, el espacial y el atributivo”.

Fase 6: Nombrada Salidas y Análisis de Resultados: Se basa en obtener los productos del sistema, en establecer los diversos análisis orientados a la gestión de la información y sus diversas variantes de salidas, esencialmente enmarcadas en dos grandes familias: Espaciales (mapas temáticos) y tabulares.

1.3.4 Sistema De Información Geográfica De Balizamiento

Esta metodología surge debido a la necesidad de crear herramientas automatizadas que permitan manipular eficientemente los datos correspondientes con la actividad de balizamiento (ubicación de las señales de navegación). Estos datos precisamente se dividen en alfanuméricos y espaciales estrechamente relacionados y caracterizados por su posición en el espacio y atributos asociados, de ahí que se necesite la creación de un SIG que permita capturar, almacenar, analizar y mostrar la información de balizamiento, con la intención de apoyar los procesos de toma de decisiones.

Al igual que la metodología anterior se plantean un conjunto de pasos que determinan la construcción de un SIG que solucione los problemas o funcionalidades para un área específica, no se realiza un estudio preliminar para diseñar una metodología genérica, que comprenda todos los posibles caminos por los que pueda transitar el desarrollo de los SIG.

A continuación se enuncian los pasos por los cuales pasa el desarrollo del SIG según esta metodología:

1. “Definición del planteamiento del problema
2. Determinación de Objetivos.
3. Delimitación del proyecto.
4. Desarrollo del prototipo.
5. Levantamiento de la información.

6. Determinación de requerimientos.
7. Identificación de las capas de información, sus atributos y su representación espacial.
8. Determinación de la forma de Introducción de datos.
9. Construcción de las tablas
10. Construcción de la primera versión del prototipo” (RONDON, 1999).

El estudio de los puntos que comprenden estos pasos hacen que de forma similar a la metodología anterior se haya determinado que todos ellos deben encontrarse incluidos en la propuesta de solución de forma íntegra, pues es lo mínimo que se debe tener en cuenta para el desarrollo de un SIG. En algunos casos hay que tener en cuenta que independientemente que se inserten en la solución, no tienen por qué llevarse a cabo de la misma forma que se plantea en esta metodología.

Conclusiones parciales

El viejo refrán “mejor información lleva a mejores decisiones” es verdad para un SIG como es para otros Sistemas de Información. Un SIG, sin embargo, no es un sistema automático de toma de decisiones, pero es una herramienta para consultar, analizar y mapear datos como soporte del proceso de toma de decisiones.

La necesidad de plantear una guía metodológica para el desarrollo de los Sistemas de Información geográfica ha conducido a la elaboración del capítulo que acaba de ser presentado, el cual comprendió los conceptos básicos que contribuyen a un mejor entendimiento del tema central que rige la investigación y de un conjunto de elementos que lo caracterizan, que operan de manera integrada para dar soporte a la toma de decisiones en la solución de problemas que tienen un referente al espacio geográfico.

El estudio del marco conceptual, que rodea al objeto de estudio, ha permitido que se tenga un conocimiento general de la situación actual bajo la cual se desarrollan los SIG en la Universidad de las Ciencias Informáticas, la cual ha arrojado que existe una nula aplicación de metodologías o guías metodológicas que contribuyan a su tratamiento. Unido a esto se puede afirmar que las soluciones existentes a nivel internacional podrían de cierta forma contribuir al aporte de elementos que se deben tener en cuenta a la hora de impulsar el desarrollo de estos sistemas, pero ninguna se puede adecuar íntegramente a las características particulares del tipo de software que se realiza en la institución.

CAPÍTULO 2

Soporte Tecnológico

Introducción

A nivel internacional se están desarrollando un significativo número de herramientas para la creación, validación, gestión, implementación y captura de información geográfica. En el transcurso de este capítulo se desea hacer un análisis detallado de algunas de las herramientas libres que existen a nivel mundial para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica, que van desde la simple creación o captura, hasta complejas herramientas que integran todo el proceso de organización, descripción, recuperación y búsqueda de información geo-referenciada. Las mismas han sido aglomeradas en tres grandes grupos: del lado del servidor, del lado del cliente y bibliotecas. Se abarca de forma general en estos conjuntos los Sistemas Gestores de Base de Datos, Servidores de Mapas, Herramientas de metadatos, Clientes pesados o de escritorio, Clientes ligeros web y cada una de las bibliotecas que pueden ser utilizadas para construir un SIG.

Si se quiere construir un software de alta calidad, desarrollado en el tiempo planificado y con los costes establecidos, pero que además satisfaga la necesidad de ser elaborado de una forma más acelerada y que exista una reducción del costo del producto, es necesario enfocarse en trabajar de forma organizada, donde se controle y documente todo lo relacionado con el proyecto en cuestión y puedan eliminarse los riesgos que podrían presentarse durante el desarrollo del mismo, lo cual no podría lograrse sin el empleo de una metodología eficaz que se adapte a las características propias del software que se esté desarrollando.

Es por ello que se pretende realizar una descripción de las metodologías existentes para el desarrollo de software de forma general, de las cuales se realizará la selección, en el próximo capítulo, de la que más se ajuste a la propuesta de solución de la investigación.

2.1 Soporte Tecnológico para el desarrollo de SIG Libre

En los últimos tiempos con la madurez y estabilidad que han alcanzado las comunidades de desarrollo de alternativas libres para el desarrollo de software conllevan a que en el desarrollo de esta investigación se hayan identificado un conjunto de tecnologías que sirven como soporte profesional al desarrollo de Sistemas de Información Geográfica. En este epígrafe se presentan las características de cada una de ellas.

2.1.1 Tipos de proyectos existentes

En la figura 5 se presentan los principales proyectos identificados como soporte al desarrollo de SIG y a su vez se presentan las tecnologías que forman parte de estos proyectos que es lo que constituye el soporte para el desarrollo de SIG libre (Ver anexo 8). A continuación se realiza una caracterización de cada uno de ellos.







- Del lado del servidor
 - Sistemas gestores de bases de datos geográficas 
 - Servidores de mapas 
 - Herramientas de metadatos 
- Del lado del cliente
 - Clientes pesados o de escritorio 
 - Clientes ligeros, web 
- Bibliotecas 

Figure 5 Tipos de Proyectos

2.1.1.1 Servidores de Bases de datos Geográficas

2.1.1.1.1 PostgreSQL

Es un sistema de administración de base de datos objeto-relacional de código abierto y ofrece muchas características modernas:

- 1- Consultas complejas
- 2- Foreign keys
- 3- Triggers
- 4- Vistas
- 5- Integridad transaccional
- 6- Control de concurrencia multiversión

Puede ser extendido por el usuario en múltiples formas.

Puede ser usado, modificado y distribuido libre de cargos para cualquier propósito, sea privado, comercial o académico.

“Fue el pionero en muchos de los conceptos existentes en el sistema objeto-relacional actual, incluido, más tarde en otros sistemas de gestión comerciales. PostgreSQL es un sistema objeto-relacional, ya que incluye características de la orientación a objetos, como puede ser la herencia, tipos de datos, funciones, restricciones, disparadores, reglas e integridad transaccional. A pesar de esto, PostgreSQL no es un sistema de gestión de bases de datos puramente orientado a objetos” (GROUP, 2008).

Otra definición muy parecida a la anterior plantea que es un servidor de base de datos relacional orientada a objetos de software libre, liberado bajo la licencia BSD.

2.1.1.1.2 PostGIS

Sin lugar a dudas la herramienta que constituye “el buque insignia en el ámbito de las bases de datos del software libre es PostGIS, el módulo para PostgreSQL desarrollado principalmente por Refrations Research Inc. Este módulo proporciona a PostgreSQL la capacidad no sólo de

almacenar información geoespacial y cumplir la norma SFSS, sino de realizar operaciones de análisis geográfico” (LAJARA y SALINAS).

“PostGIS es un producto muy difundido, con importantes referencias a nivel mundial y con un gran abanico de herramientas de todo tipo con acceso a PostGIS (incluidas especialmente las herramientas FOSS). Se trata de un proyecto muy activo, en continua evolución, con recientes incorporaciones como segmentación dinámica (LRS) o cálculo de rutas (todavía bastante básico). Están previstas una serie de mejoras de futuras como la utilización de topología” (LAJARA y SALINAS).

“Es una extensión al sistema de base de datos objeto-relacional PostgreSQL. Permite el uso de objetos *G/S* (Geographic information systems). PostGIS incluye soporte para índices GiST basados en R-Tree, y funciones básicas para el análisis de objetos GIS” (RAMSEY).

Es una extensión a PostgreSQL con tipos y primitivas geométricos, permite manejar como un elemento mas de la base de datos, información georreferenciada asociada a la relacional.

Es una solución que agrega soporte para objetos geográficos al motor de base de datos objeto-relacional PostgreSQL habilitándolo de esa forma para ser usado como PostGIS está liberado bajo la licencia GNU GPL. Cumple con los estándares OGC.

PostGIS/PostgreSQL incluye las siguientes funcionalidades:

- Objetos simples según la definición del OpenGIS Consortium (OGC).
- Soporte para las representaciones Well-Known Text y Well-Known Binary de objetos geográficos.
- Indexación rápida de objetos espaciales usando GiST.
- Funciones de análisis geoespacial.
- Objetos de extensión a PostgreSQL JDBC correspondientes a las geometrías.
- Soporte para las funciones de acceso OGC según la definición del Simple Features Specification.
- Almacenamiento y análisis de información vectorial.

2.1.1.1.3 MySQL

“MySQL es un software de código abierto, licenciado bajo la GPL de la GNU” (ALMA *et al.*).

Según expertos, “la base de datos de mayor éxito en aplicaciones web es desde luego MySQL pero esta base de datos presenta dos serios problemas:

1. No se puede considerar del todo FOSS ya que no es un producto completamente libre al ofrecerse por la empresa que lidera el proyecto, MySQL AB, con una licencia dual.
2. No cumple con la norma SFSS y por tanto se ubica (de momento) como un mero “contenedor” de información geográfica” (LAJARA y SALINAS).

Entre sus características se encuentran:

- MySQL dispone de soporte espacial.
- Sólo para almacenamiento.
- Sin análisis.
- Licencia no libre para uso comercial.

“En las últimas versiones se pueden destacar las siguientes características principales:

1. El principal objetivo de MySQL es velocidad y robustez.
2. Soporta gran cantidad de tipos de datos para las columnas.
3. Gran portabilidad entre sistemas, puede trabajar en distintas plataformas y sistemas operativos.
4. Cada base de datos cuenta con 3 archivos: Uno de estructura, uno de datos y uno de índice y soporta hasta 32 índices por tabla.
5. Aprovecha la potencia de sistemas multiproceso, gracias a su implementación multihilo.
6. Flexible sistema de contraseñas (passwords) y gestión de usuarios, con un muy buen nivel de seguridad en los datos.
7. El servidor soporta mensajes de error en distintas lenguas.

Ventajas

1. Velocidad al realizar las operaciones, lo que le hace uno de los gestores con mejor rendimiento.

2. Bajo costo en requerimientos para la elaboración de bases de datos, ya que debido a su bajo consumo puede ser ejecutado en una máquina con escasos recursos sin ningún problema.
3. Facilidad de configuración e instalación.
4. Soporta gran variedad de Sistemas Operativos.
5. Baja probabilidad de corromper datos, incluso si los errores no se producen en el propio gestor, sino en el sistema en el que está.
6. Conectividad y seguridad.

Desventajas

1. Un gran porcentaje de las utilidades de MySQL no están documentadas.
2. No es intuitivo, como otros programas (ACCESS)” (ALMA *et al.*).

2.1.1.2 Servidores de Mapas

2.1.1.2.1 MapServer

Estudios realizados revelan que este proyecto “nació como unos scripts para ArcINFO que generaban de forma dinámica impresiones de cartografía para publicar web. Inicialmente fue un proyecto financiado por la NASA, la Universidad de Minnesota y el departamento de recursos forestales de Minnesota (MNDNR)” (LAJARA y SALINAS).

Es calificado como el producto de software libre más maduro y popular para el desarrollo de aplicaciones web espaciales. Programado en el lenguaje C, accede a todos los formatos soportados por OGR y GDAL, y permite programación con PHP y otros muchos lenguajes.

- CGI o biblioteca de componentes (MapScript).
- Es un ambiente de desarrollo de código abierto para construir aplicaciones web espaciales construidas sobre otros sistemas de código abierto o freeware y que corre tanto bajo plataformas UNIX/Linux como sobre plataforma Windows 95 o superior.
- CGI o biblioteca de componentes (MapScript).
- Obtiene un performance significativamente superior cuando se utiliza en combinación con PostGIS/PostgreSQL.
- Accesible desde PHP, Python, Java, Perl, C#.

- Servidor de mapas rápido y ligero.

“Ha evolucionado mucho, en la actualidad se presenta en dos “modalidades”:

1. Como ejecutable CGI, es el uso más común que se le ha dado a este servidor de mapas. Se trata de un ejecutable que puede ser invocado desde páginas web para generar de forma dinámica imágenes en los formatos más habituales para la publicación en web (gif, png, etc.).
2. Como biblioteca. La necesidad de realizar tareas específicas en el lado del servidor obligó a “exponer” las funcionalidades de este servidor a diferentes lenguajes de programación (especialmente PHP) para poder realizar tareas con un alto contenido de dinámico: consultas especializadas, análisis al vuelo, etc.

Un aspecto muy “criticado” a este servidor de mapas era la posibilidad de diferentes problemas de seguridad por emplear la tecnología CGI y la imposibilidad de ejecutar de forma segura el servidor en diferentes hilos. Esto se ha subsanado en las últimas versiones e incluso se puede integrar en un servidor de aplicaciones Java como Tomcat2.

Las características por las que se destaca este servidor son:

1. Sencillez de configuración y administración
2. Plataformas sobre las que se puede operar
3. Velocidad de accesos a datos
4. Cantidad de formatos tanto vectoriales como raster soportados” (LAJARA y SALINAS).

2.1.1.2.2 GeoServer

Este importante servidor de mapas “forma parte de la nueva generación de aplicaciones desarrolladas sobre la especificación J2EE. El objeto principal de esta nueva generación de servidores es la utilización de las últimas tecnologías en el desarrollo de soluciones Web empresariales, con lenguaje de programación Java. Esto permite el despliegue de la aplicación sobre cualquier servidor de aplicaciones conforme a la especificación J2EE, tanto libres como Tomcat (Apache), JBoss (RedHat) o Geronimo (Apache) o propietarios como WebLogic (BEA), WebSphere (IBM), etc.” (LAJARA y SALINAS).

“Es el proyecto estrella sobre la biblioteca geotools y está potenciado por la empresa canadiense Refractions Research. Destaca especialmente por el soporte para el protocolo WFS-T convirtiéndose en no sólo un servidor de cartografía sino en un intermediario para la edición remota de información

geográfica mediante estándares” (LAJARA y SALINAS). Demostrando así su amplio potencial de servicio. Administración sencilla.

Servidor de mapas J2EE. Que implementa:

- WMS
- WFS
- WCS
- SLD
- GML
- FE

Programado con GeoTools (comparte desarrolladores), este servidor utiliza el protocolo WFS y accede a shapefiles, PostGIS, Oracle y ArcSDE.

2.1.1.2.3 Deegree

Constituye una “infraestructura de componentes Java que se puede desplegar sobre cualquier servidor conforme ala especificación J2EE. Ofreciendo un completo conjunto de capacidades geoespaciales. Deegree destaca por el elevado número de especificaciones OGC que afirma cumplir, entre las que se destacan WMS, WFS (-T), WCS, CSW, WPS, SOS, etc.” (LAJARA y SALINAS).

“Las características mas destacadas de deegree son las siguientes:

1. Elevada capacidad de configuración y adaptación.
2. Instalación y configuración complejas y nada “amistosas”.
3. Buen rendimiento comparado con otros servidores J2EE.
4. Amplio abanico de estándares OGC (aunque no siempre 100% conformes).
5. Comunidad de desarrollo no demasiado abierta” (LAJARA y SALINAS).
6. Programado en Java, utiliza los protocolos WFS, WMS y WCS y es el único que cumple con todos los estándares OGC.
7. Permite el desarrollo de aplicaciones GIS tanto locales como basadas en red. Su interfaz y arquitectura se basan en estándares OpenGIS Consortium (OGC) e ISO, permitiendo implementaciones flexibles de soluciones geoespaciales.

- Interoperable
- Independiente de plataforma
- Java Framework
- Buen rendimiento

2.1.1.2.4 MapGuide

Este servidor es “todavía poco conocido en el ámbito del software libre, dispone de ciertas características que pueden hacerlo un producto válido. Dispone de un sistema de publicación en web que lo hace fácil de configurar y administrar y dispone de herramientas comerciales para la publicación desde AutoCAD” (LAJARA y SALINAS).

“Hace uso de la también liberada biblioteca FDO para el acceso a datos de todo tipo (shapefiles, ArcSDE, Oracle, etc.)” (LAJARA y SALINAS).

Se ofrece con la licencia LGPL que permite realizar proyectos cerrados sobre esta plataforma.

Presenta las siguientes características:

- Desarrollado en C/C++.
- Última gran incorporación al ámbito FOSS4G.
- Promovido por Autodesk, principal financiador de OSGeo (Open Source Geospatial).
- Soporta desarrollos con PHP, .Net y Java.
- Ofrece clientes web listos para usar.

2.1.1.3 Herramientas de Metadatos

2.1.1.3.1 GeoNetwork

Es una herramienta “Open Source” para la creación y gestión de metadatos, desarrollada por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y la UNEP.

Sus principales características son:

- Editor y buscador de metadatos
- Creador de un Catálogo de metadatos.
- Soporta los estándares ISO19115, FGDC, Dublín Core.

- Creación de fichero de transformación basado en hojas de estilo (XSLT).
- Protocolo Z39.50 y soporta la especificación CSW.
- Multilingüe” (MAYORAL, 2008).

Escrito en JAVA, con multiplataforma y multilenguaje, GeoNetwork opensource es un software estándar, de código abierto para la gestión de catálogos con referencias espaciales a través de la web. Proporciona un potente editor de metadatos y funciones de búsqueda, así como un mapa interactivo en la Web para el usuario.

Las metas de GeoNetwork son:

- Mejorar el acceso a los datos y facilitar la integración de los mismos (interoperabilidad).
- Ayudar en la toma de decisiones.
- Promocionar soluciones multidisciplinarias entorno al desarrollo sostenible.
- Enfatizar los beneficios que proporcionan la comprensión de la Información Geográfica.

Este proyecto de código abierto promueve que se comparta la información temática y georeferenciada disponible entre las organizaciones. Constituye un estándar, libre y de código abierto con un catálogo de aplicación para gestionar los recursos referenciados espacialmente por medio de la web. Proporciona potentes metadatos de edición y funciones de búsqueda, así como una web con mapa interactivo para el cliente.

2.1.1.3.2 CatMDEdit

CatMDEdit metadatos es una herramienta que facilita la documentación de los recursos, con especial atención a la descripción de los recursos de información geográfica. La herramienta ha sido implementada en Java y tiene las siguientes características:

Multi-plataforma (Windows, Unix). Como se ha desarrollado en Java y el almacenamiento de los registros de metadatos es administrado directamente a través del sistema de archivos, la aplicación se puede instalar en cualquier plataforma con el requisito mínimo de tener instalada una máquina virtual Java.

Multilingüe. La aplicación se ha desarrollado siguiendo la metodología de internacionalización de Java.

Definición y gestión de los diferentes repositorios de metadatos (repositorios pueden contener también archivos de datos), incluyendo la selección y filtrado de los registros de los metadatos almacenados en el repositorio de metadatos de cada local.

CatMDEdit permite la creación automática de metadatos de las colecciones de recursos relacionados, en particular, la serie espacial surgido como resultado de la fragmentación de los recursos en conjuntos de datos geométricos de tamaño y escala similar.

CatMDEdit permite la creación automática de metadatos de las colecciones de recursos relacionados, en particular, la serie espacial surgido como resultado de la fragmentación de los recursos en conjuntos de datos geométricos de tamaño y escala similar.

“Herramienta “Open Source”, desarrollada por el consorcio TelDE y bajo el apoyo de diferentes proyectos, de edición de metadatos que facilita la documentación de recursos. Sus principales características son:

- Edición de metadatos de acuerdo a la norma internacional "ISO19115. Geographic Information - Metadata".
- Intercambio de registros de metadatos de acuerdo a distintos estándares y formatos: ISO19115, Dublin Core y CSDGM (Content Standard for Digital Geospatial Metadata).
- Diferentes estilos de presentación de registros de metadatos en HTML y Excel.
- Generación automática de metadatos para algunos formatos de transferencia de datos como Shapefile, DGN, ECW, FICC, GeoTiff, GIF/GFW, JPG/JGW, o PNG/PGW.
- Multiplataforma (Windows, Unix), gracias al uso de Java como lenguaje de programación.
- Multilingüe: castellano, inglés, francés, portugués, polaco y checo”. (MAYORAL).
- Desarrollo promovido por el consorcio TelDE (Español).
- Editor de metadatos de escritorio.

2.1.1.4 Proyectos del lado Cliente. Clientes Pesados o de Escritorio

2.1.1.4.1 GRASS GIS

GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) fue inicialmente concebido y desarrollado por el laboratorio de investigación del cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos (USA-CERL) para la gestión del territorio y la gestión medioambiental. GRASS comenzó a difundirse en ámbitos educativos y de instituciones públicas y se desarrollaron numerosas aplicaciones alrededor de dicho sistema, hasta que en 1999 pasó a tener licencia del tipo GNU GPL. Hasta entonces se distribuía de manera más o menos gratuita pero previa autorización del cuerpo de ingenieros del ejército americano. Fue entonces cuando el desarrollo ya no dependía de una sola institución, sino que miles de desarrolladores de todo el mundo podían contribuir al futuro de desarrollo de nuevas versiones con nuevas funcionalidades.

Al ser GRASS uno de los SIG con más tiempo de rodaje, el número de herramientas y utilidades que presenta es muy elevado. Originalmente GRASS estaba muy orientado al aspecto matricial (raster) de la información, aunque contaba con un potente editor de topología vectorial, sin embargo en las últimas versiones el aspecto vectorial y sobre todo la conexión a bases de datos externas se ha ido potenciando.

Uno de los inconvenientes principales de GRASS ha sido precisamente que está diseñado para entornos UNIX, lo que le ha dado gran difusión en centros universitarios y de investigación pero que ha frenado su expansión hacia el público general. Actualmente existen versiones de GRASS que se pueden instalar en entornos Windows a través de emulación de Cygwin.

Puntos Fuertes:

- Solidez por los orígenes militares y la edad del proyecto.
- Herramientas de análisis raster y potente modelado hidrológico.
- Editor de topología.

Puntos Débiles:

- Interfaz no muy amigable.
- Diseñado para entornos UNIX/Linux
- Complejidad de uso" (BERNI *et al.*, 2005).

Características:

- Desarrollado en C/C++.
- De su comunidad de usuarios nació el OGC.
- Se está portando un GUI para Windows.
- Poco atractivo para la mayoría de usuarios.
- Se apoya en GDAL/OGR y PROJ4.
- Liderado por ITC (Trento) y GDF (Hannover).

2.1.1.4.2 Quantum GIS

“Se trata de un SIG con una apariencia muy cuidada y que posee algunas características muy interesantes, tales como soporte directo para edición en PostGIS, conexión con GRASS para tareas como edición de topología, y buen número de formatos soportados, tanto vectoriales como matriciales. Además, añadir datos y cambiar la simbología es tan fácil y fiable como se podría esperar de un SIG competente. Es interesante el hecho de poder acceder a los metadatos las capas cargadas” (MARGALEF y POLO).

Se puede decir que del mismo modo que algunos de los SIG comentados anteriormente, “también tiene una filosofía de plugins y actualmente se pueden encontrar un buen número de ellos para tareas tan interesantes como la conversión de archivos shape de ESRI a PostGIS o para conectarse a un GPS y mostrar su posición. Pero cuenta con una deficiencia sustancial: no dispone de herramientas de análisis” (MARGALEF y POLO).

Quantum GIS (QGIS) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) Open Source fácil de usar, que se ejecuta en Linux, Unix, Mac OSX y Windows. QGIS apoya vector, raster, y formatos de bases de datos. QGIS está licenciado bajo la GNU General Public License. QGIS le permite buscar y crear el mapa de datos en su ordenador. Soporta un gran número de formatos de datos espaciales (por ejemplo, ESRI Shapefile, GeoTiff). QGIS apoya plugins para hacer cosas como mostrar las pistas de tu GPS. QGIS es software de fuente abierta y libre de su costo

2.1.1.4.3 gvSIG

“El origen de gvSIG debemos buscarlo a finales del 2003, cuando la Conselleria de Infraestructuras y Transporte de la Generalitat Valenciana emprende un proceso de migración de sistemas abiertos bajo Linux de todos sus sistemas de informáticos” (MARGALEF y POLO).

“Se trata de un producto muy afianzado y orientado al usuario final, tanto a nivel de interfaz de usuario como de funciones implementadas. Soporta los formatos más populares de todas las tipologías de datos y permite trabajar con estándares del OGC. Se trata de un software con buenas capacidades vectoriales. Su potencial raster ha aumentado considerablemente desde la reciente liberación del piloto raster y la migración del proyecto SEXTANTE sobre gvSIG. No hace mucho ha incluido funcionalidades 3D, una herramienta de optimización de rutas, así como un módulo de gestión de sistemas de referencia. Además, es fácilmente internacionalizable, hecho que explica la variedad de idiomas con los que está disponible” (MARGALEF y POLO).

Se caracteriza por ser un proyecto que cuenta con objetivos importantes, un ejemplo de estos objetivos, lo constituye el trabajo con la cuarta dimensión.

Puntos fuertes:

- Producto muy terminado y orientado al usuario final, tanto a nivel de interfaz de usuario como de funciones implementadas.
- Soporte para los formatos más populares tanto vectoriales como de imágenes.
- Funcionalidades previstas muy completas.
- Totalmente en español.

Puntos débiles:

- Actualmente no soporta edición de datos vectoriales.
- No permite enlazar tablas (JOIN)” (BERNI *et al.*, 2005).

Principales características:

- Liderado por Generalitat Valenciana - Iver
- Desarrollo rápido
- Evolución Asegurada (2013)
- Raster y Teledetección

- Redes y Topología
- 3D
- Movilidad
- Aprovecha lo mejor de FOSS4G
- GDAL, Geotools, PROJ4, Batik
- Apertura hacia la Comunidad
- Prodevelop, ITI, SEXTANTE, IDR, IRSTV

2.1.1.4.4 Kosmo

En referencia a Kosmo, según estudios realizados, “se trata de una herramienta similar a JUMP puesto que está desarrollada sobre esta plataforma. Es fácilmente extensible y ha aprovechado esta potencialidad para añadir al proyecto algunas mejoras como un editor avanzado de simbología Styled Layer Descriptor (SLD), acorde con los estándares de la OGC. También permite la conexión a diversas bases de datos, dispone de un constructor de consultas y añade una herramienta para crear composiciones para imprimir. No obstante, no incluye la posibilidad de reproyectar capas” (MARGALEF y POLO).

Características generales:

- 1- Es un cliente SIG de escritorio de funcionalidades avanzadas.
- 2- Es una herramienta capaz de visualizar y procesar datos espaciales, que se caracteriza por poseer una interfaz de usuario amigable.
- 3- Tiene la capacidad de acceder a múltiples formatos de datos, tanto vectoriales (en fichero, como Shapefile o DXF, o en base de datos, como PostgreSQL, MySQL u Oracle), como raster (TIFF, ECW, MrSID u otros formatos de imagen geo-referenciados, como BMP, GIF, JPG, PNG), con capacidad de edición y, en general, ofreciendo numerosas utilidades al usuario SIG.

2.1.1.4.5 SAGA

“Las raíces de SAGA (Sistema de Análisis Geocientífico Automatizado) se pueden encontrar en el programa de tratamiento de imágenes llamado DiGeM y es por este motivo que este software está enfocado principalmente al tratamiento de datos raster.

Este software está “desarrollado en lenguaje C++ y liberado con GNU GPL (la interfaz gráfica) y LGPL (la interfaz de programación). Puede realizar potentes análisis ya que cuenta con más de un centenar de módulos programados específicamente para ello y dispone de funcionalidades 3D. Por el contrario, ni está basado en estándares del OGC, ni soporta datos de servidores, ni tampoco algunas funcionalidades vectoriales básicas” (MARGALEF y POLO).

Vale mencionar que “se destaca por su orientación a la realización de análisis de imágenes y modelos digitales del terreno especialmente” (LAJARA y SALINAS).

2.1.1.4.6 Map Window

Este proyecto ha sido promovido por la Universidad de Idaho y constituye tanto una aplicación de escritorio para la visualización y análisis de información geográfica como una API con un control ActiveX, de ahí que resulta muy importante para la realización de aplicaciones mucho más específicas. Dicho proyecto está orientado al desarrollo en la plataforma .Net para Windows. La razón por lo que puede utilizarse tanto en proyectos abiertos como cerrados se debe a que se distribuye bajo la licencia Mozilla 1.1.

“La aplicación de escritorio, como es habitual en proyectos FOSS facilita la adición de funcionalidad a través de extensiones o plugins” (LAJARA y SALINAS, 2007).

Presenta las siguientes características:

- Desarrollado en C/C++.
- Orientado al análisis hidrológico.

2.1.1.4.7 World Wind

Es un proyecto FOSS “de visualización 3D promovido por NASA y homologo a Google Earth pero con una orientación mucho más “científica” que éste. Este proyecto está evolucionando de forma intermitente apareciendo nuevas extensiones para acceso WMS, visualización en 3D mediante anáglifos, etc. Se ha creado una comunidad bastante activa alrededor de este proyecto³. La licencia con la que se distribuye es específica de NASA, que aproximadamente se puede asimilar a LGPL.

La comunidad está portando el proyecto a Java (está en fase testing), pero la versión actual esta escrita en C#.

“Se trata en definitiva de una aplicación orientada a la visualización de información de todo tipo (también información temporal) de forma atractiva para usuarios finales, aunque efectivamente no ha tenido el éxito del globo de Google” (LAJARA y SALINAS, 2007).

2.1.1.4.8 Open JUMP

Presenta “una buena solución siempre que no se quiera manejar información centralizada o con un volumen de datos excesivo. Se trata de una herramienta vectorial. Presenta la interfaz gráfica más cercana que otros programas comerciales ampliamente utilizados. Es posible conectarse a servidores de cartografía WMS y existen plugins para numerosos de formatos tanto de archivo como de servidores. Una de las opciones más interesantes son las herramientas de edición de que dispone para modificar datos vectoriales, así como herramientas básicas de geoprocado (zonas de influencia, uniones, etc.). Existe también una versión para la edición y corrección de topología (Jump Conflation Suite) que se aproxima a funcionalidades de ArcMap en su versión de ArcINFO. Aunque carece de opciones de creación de layouts y de georreferenciación” (MARGALEF y POLO, 2007).

Fue uno de los primeros SIG gratuitos y por lo tanto ha servido de base a otros desarrollos, tanto públicos como desarrollado por empresas de programación. Su origen está en Canadá, ya que nace como un proyecto sponsorizado por una serie de instituciones canadienses.

Se trata de un SIG modular programado en Java y que basa su funcionalidad en módulos (plugins). De esta forma si se quiere cargar cualquier tipo de imagen o dato vectorial sólo se tiene que

encontrar o programar el módulo necesario. Lo mismo ocurre con cualquier funcionalidad adicional que se desee implementar: consultas, ediciones avanzadas, entre otras.

La interfaz de usuario es similar a la que proporciona ArcView, con una tabla de contenidos a la izquierda y una ventana central para el mapa. Es posible conectarse a servidores de cartografía WMS y existen plugins para numerosos de formatos tanto de archivo como de servidores. Una de las cosas más interesantes son las herramientas de edición de que se disponen para modificar datos vectoriales, así como herramientas básicas de geoprocésado (zonas de influencia, uniones, etc.). Existe también una versión muy prometedora para la edición y corrección de topología (Jump Conflation Suite) que se aproxima a funcionalidades de ArcMap en su versión de ArcINFO.

Actualmente han aparecido versiones internacionalizadas y varias páginas que albergan proyectos relativos a Jump, tanto para la creación de nuevos plugins como proyectos que basándose en Jump pretenden generar nuevos programas con funcionalidades más específicas. Tal es el caso de gvSIG (abajo mencionado) o GeoPISTA.

Puntos fuertes:

- Interfaz de usuario muy intuitiva.
- Buen número de formatos soportados a través de plugins, incluyendo conexión a servidores.
- Buen punto de partida para la creación de proyectos personalizados debido a la, documentación existente y a la facilidad de implementación de nuevas funciones.

Puntos débiles:

- Se echan en falta algunas funcionalidades básicas como por ejemplo la impresión de cartografía, cuadrículas, etc. Muchas están en vías de solución.
- Cierta descoordinación en la generación de versiones, aunque actualmente se ha creado un comité para coordinar el desarrollo de las futuras versiones” (BERNI *et al.*, 2005).

2.1.1.4.9 uDIG

Este importante proyecto “nace, al igual que JUMP bajo la financiación del proyecto para la Infraestructura de Datos Espaciales de Canadá, Geoconnections. Ha sido desarrollado por la empresa canadiense Refrations Research Inc en el lenguaje Java sobre la plataforma para desarrollo de aplicaciones RCP proporcionada por el proyecto Eclipse. Tiene como principal objetivo

ofrecer un cliente de escritorio que soporte el mayor número de fuentes de datos tanto locales como remotas y especialmente las basadas en protocolos OGC como WMS y WFS.

Se plantea como un producto construido sobre la biblioteca geotools combinado con las experiencias adquiridas por el proyecto JUMP” (LAJARA y SALINAS, 2007).

2.1.1.5 Proyectos del lado Cliente. Clientes Ligeros o Web

2.1.1.5.1 Kap-Map

“API programada en JavaScript principalmente con algunos componentes que deben alojarse en el servidor escritos en PHP para aprovechar las funcionalidades del servidor de mapas UMN Mapserver (MapScript)” (LAJARA y SALINAS, 2007).

Muestran los estudios que esta biblioteca “permite generar aplicaciones que hacen uso intensivo del teselado (tiling) de la cartografía así como de tecnologías asíncronas que aceleran enormemente la carga de los mapas tal y como hace Google Maps” (LAJARA y SALINAS, 2007).

Características generales:

- 1- Es un cliente basado en Java Script y un conjunto de librerías que permiten generar aplicaciones que utilizan de forma intensiva y eficiente el teselado de la cartografía (tiling).
- 2- Ka-Map incluye una interfaz por defecto, kaExplorer, así como un elevado número de herramientas que permiten el desarrollo de una amplio abanico de aplicaciones, desde sencillos 'mashup' a la posibilidad de integrar funciones avanzadas de SIG provenientes de GRASS.

2.1.1.5.2 Chameleon

Constituye una “aplicación PHP que funciona sobre UMN MapServer y que ofrece un conjunto de widgets que ofrecen funcionalidades concretas de gestión de mapas, que permiten que un desarrollador implemente una aplicación de publicación de cartografía con poco esfuerzo. Permite la extensibilidad por medio de la creación de nuevos widgets. Utiliza AJAX para ofrecer un interfaz de usuario dinámico.

Se prevé la integración con MapLab, desarrollado por la empresa canadiense DM Solutions, al igual que Chameleon” (LAJARA y SALINAS, 2007).

Se dispone de la posibilidad de integración en aplicaciones PHP, JSP, Perl o ColdFusion.

2.1.1.5.3 CartoWeb

CartoWeb es una “aplicación de publicación WebGIS construida en PHP sobre UMN MapServer que explota AJAX. Su característica más diferenciadora con respecto a otros proyectos de clientes Web ligeros sobre MapServer es que CartoWeb ofrece un framework que ha sido diseñado con una arquitectura bastante modular y escalable, lo que permite poder separar la lógica de un servidor (cartoserver) encargado del dialogo con MapServer y provisión de servicios, de un cliente (cartoclient) cuya misión es acceder mediante SOAP4 a los servicios proporcionados por servidores cartoWeb y renderizar de la manera apropiada la información hacia el cliente final (HTML, PDF, ...)” (LAJARA y SALINAS, 2007).

Por otro lado, CartoWeb incorpora capacidades de cálculo de rutas.

Funcionalmente, CartoWeb, presenta un abanico bastante completo de características propias de un geoportal, con la posibilidad de ir añadiendo o desarrollando nuevos plugins.

2.1.1.5.5 Mapbender

“Cliente Web-GIS construido con Javascript, que ofrece un interfaz de usuario configurable no dependiente de ningún servidor de mapas concreto. Permite interactuar con servicios WMS, WFS (-T) y WMC. Incluye interfaces de administración de usuarios, grupos y servicios OGC (OWS). Una característica diferenciadora de Mapbender es la capacidad de edición en cliente sobre navegador, utilizando WFS-T” (LAJARA y SALINAS).

2.1.1.5.6 MapBuilder

“MapBuilder es un cliente Web-GIS construido sobre grandes bloques: un biblioteca de funcionalidades JavaScript y una parte de servidor que funciona en PHP o J2EE. El cliente de MapBuilder permite renderizar imágenes de servidores WMS, WFS, GeoRSS y Google Maps, así

como figurar mapas propios con WMC. Al igual que Mapbender, presenta la capacidad de edición en cliente sobre navegador, utilizando WFS-T” (LAJARA y SALINAS, 2007).

2.1.1.6 Bibliotecas y Librerías

- **GDAL:** Biblioteca de acceso a imágenes raster. Permite manipular, proyectar, convertir entre formatos, gran variedad de formatos (GeoTIFF, ENVI, ERDAS, ECW).
- **OGR:** Biblioteca de acceso a datos vectoriales. Se distribuye con GDAL y soporta: Arc/Info, GML, SHP, DGN y Oracle entre otros.
- **Geotools:** Desarrollada en Java, permite incluir funcionalidades geográficas en cualquier aplicación escrita en este lenguaje.
- **JTS:** También en Java, proporciona un modelo compatible con las especificaciones OGC para realizar operaciones geográficas en dos dimensiones (Unión, intersección, etc.).
- **GEOS:** Versión C++ de la anterior.
- **PROJ:** Biblioteca destinada a realizar cálculos transformaciones entre diferentes sistemas de coordenadas y sistemas de referencia.
- **OpenLayers:** “OpenLayers es un cliente Web-GIS ligero construido con clases de Javascript, sin dependencia de servidores de mapas concretos. Ofrece un interfaz de usuario simplificado que ataca a servicios WMS y WFS de forma transparente para el usuario y desarrollador. Las características por las que destacó OpenLayers en su difusión en la comunidad es la simplicidad de uso, el soporte de tiles y caché y el acceso a mapas de Google Maps y Yahoo Maps” (LAJARA y SALINAS, 2007).

2.3 Metodologías de desarrollo de software

“Las metodologías se basan en una combinación de los modelos de proceso genéricos (cascada, evolutivo, incremental, etc.). Adicionalmente una metodología debería definir con precisión los artefactos, roles y actividades involucrados, junto con prácticas y técnicas recomendadas, guías de adaptación de la metodología al proyecto, guías para uso de herramientas de apoyo, etc. Habitualmente se utiliza el término “método” para referirse a técnicas, notaciones y guías asociadas, que son aplicables a una (o algunas) actividades del proceso de desarrollo, por ejemplo, suele hablarse de métodos de análisis y/o diseño”. (VALENCIA)

En el mundo existen muchas definiciones sobre lo que es una metodología. De una forma u otra todas ellas coinciden en que debería tener al menos las siguientes características:

1. “Define como se divide un proyecto en fases y las tareas a realizar en cada una”.
2. “Para cada una de las fases está especificado cuales son las entradas que reciben y las salidas que producen”.
3. “Tienen alguna forma de gestionar el proyecto”.

“Teniendo esto en cuenta establecemos la siguiente definición: **Metodología es un modo sistemático de producir software**” (ÁLVAREZ y ARIAS, 2002).

Piattini define a la metodología de desarrollo de software como “un conjunto de procedimientos, herramientas y un soporte documental que ayuda a los desarrolladores a realizar nuevo software”. (PIATTINI, MARIO, 2007).

“Conjunto de métodos que se utilizan para desarrollar una actividad con el objetivo de formalizarla y optimizarla” (MARTINEZ, 2005).

Una metodología se distingue por cuatro elementos fundamentales:

- Ciclo de vida: secuencia ordenada del desarrollo completo (cascada, prototipo, espiral)
- Productos (documentos, entregables, evidencias, etc.)
- Procedimientos y herramientas. (¿Cómo?, ¿Con qué?)
- Criterios de evaluación. (¿cómo nos fue?).

Si se quiere construir un software de alta calidad, desarrollado en el tiempo planificado y con los costes establecidos, pero que además satisfaga la necesidad de ser elaborado de una forma más acelerada y que exista una reducción del costo del producto, es necesario enfocarse en trabajar de forma organizada, donde se controle y documente todo lo relacionado con el proyecto en cuestión y puedan eliminarse los riesgos que podrían presentarse durante el desarrollo del mismo, lo cual no podría lograrse sin el empleo de una metodología eficaz que se adapte a las características propias del software que se esté desarrollando.

Clasificar las metodologías es una tarea bien difícil por la gran cantidad de propuestas y diferencias en el grado de detalle, información disponible y alcance que poseen. A grandes rasgos,

considerando su filosofía de desarrollo se pueden agrupar en: metodologías ágiles o ligeras y metodologías pesadas o tradicionales.

2.3.1 Metodologías Tradicionales o pesadas

Las metodologías tradicionales o pesadas son aquellas que están guiadas por una fuerte planificación durante todo el proceso de desarrollo, en la cual se establecen estrictamente las actividades involucradas, los roles definidos, los artefactos que se deben producir, las herramientas y notaciones que serán utilizadas así como el modelado y documentación detallada.

“Este esquema tradicional para abordar el desarrollo de software ha demostrado ser efectivo y necesario en proyectos de gran tamaño (respecto a tiempo y recursos), donde por lo general se exige un alto grado de ceremonia en el proceso. Sin embargo este enfoque no resulta ser el más adecuado para muchos de los proyectos actuales donde el entorno del sistema es muy cambiante, y en donde se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo pero manteniendo una alta calidad. Ante las dificultades para utilizar metodologías tradicionales con estas restricciones de tiempo y flexibilidad, muchos equipos de desarrollo se resignan a prescindir del “buen hacer” de la ingeniería del software, asumiendo el riesgo que ello conlleva.” (LETELIER, 2003).

Este tipo de metodología se caracteriza por:

- Enfocadas al proceso definido por la metodología y no a las características del proyecto.
- Establecen fases rígidas.
- Cada fase tiene una serie de documentos sumamente explícitos.
- Filosofía basada en predicción del proyecto.

Entre las metodologías pesadas se tiene a RUP, la más usada actualmente para el desarrollo de software.

2.3.2 Metodologías Ágiles

Estas metodologías están más orientadas a la generación de código con ciclos muy cortos de desarrollo, se dirigen a equipos de desarrollo pequeños, hacen especial hincapié en aspectos humanos asociados al trabajo en equipo e involucran activamente al cliente en el proceso.

Este tipo de metodología se caracteriza por:

- La resistencia a las metodologías burocráticas
- Hicieron un postulado en lugar de una metodología
 - Individuos y sus interacciones son más importantes que procesos y herramientas
 - Software que funcione es más importante que documentación exhaustiva
 - Colaboración con el cliente en lugar de negociación de contratos
 - Respuesta ante el cambio en vez de seguir un plan cerrado” (MARTÍNEZ, 2005).

Entre las metodologías ágiles tenemos a:

- Extreme Programming (XP).
- SCRUM.
- Crystal Clear.
- Feature -Driven Development (FDD).
- Dynamic Systems Development Method (DSDM).
- Adaptive Software Development (ASD), entre otras.

2.3.3 Descripción de Metodologías Ágiles y Pesadas

A continuación se realiza una descripción sintetizada de un conjunto de metodologías ágiles y pesadas que fueron objeto de estudio durante el desarrollo de esta investigación, con el propósito de analizar las características de cada una de ellas a fin de seleccionar una que sirva de apoyo para la construcción de los Sistemas de Información Geográfica.

2.3.3.1 Scrum

Desarrollada por Ken Schwaber, Jeff Sutherland y Mike Beedle, es un término utilizado en el juego de rugby que llevado a la ingeniería significa que el equipo se agrupará para llegar con el apoyo de cada uno de los miembros del proyecto a obtener un producto con calidad que es el objetivo fundamental. “Scrum define un proceso empírico, iterativo e incremental de desarrollo que intenta obtener ventajas respecto a los procesos definidos (cascada, espiral, prototipos, etc.) mediante la aceptación de la naturaleza caótica del desarrollo de software, y la utilización de prácticas tendientes a manejar la impredecibilidad y el riesgo a niveles aceptables”. (HERNÁN, 2004).

Scrum es una metodología de tipo ágil y liviana muy útil para la administración y control del proceso de desarrollo de software. El desarrollo, en esta metodología, se realiza en forma iterativa e incremental, sería valido aclarar que una iteración es un ciclo corto de construcción repetitivo, y que termina con una pieza de software ejecutable que incorpora una nueva funcionalidad. Las iteraciones en general tienen una duración entre 2 y 4 semanas. También es utilizado como marco para otras prácticas de ingeniería de software como son RUP o Extreme Programming.

Scrum se focaliza en priorizar el trabajo en función del valor que tenga para el negocio, maximizando la utilidad de lo que se construye y el retorno de inversión. Scrum está diseñado especialmente para adaptarse a los cambios en los requerimientos. Los requerimientos y las prioridades se revisan y ajustan en intervalos muy cortos y regulares. Pudiéndose, de esta forma, adaptar en tiempo real el producto que se está construyendo de acuerdo a las necesidades del cliente y que el mismo quede satisfecho con el trabajo realizado por el equipo.

Una de sus características más importantes es que es muy fácil de explicar y de entender, lo que ayuda mucho a su implantación. Mediante Scrum, el equipo centra su trabajo en construir software de calidad. Además, la gestión de un proyecto mediante esta metodología se centra en definir las características que debe tener el producto a construir y en eliminar los obstáculos que puedan

entorpecer el trabajo del equipo de desarrollo. Se hace mucho énfasis a que los equipos sean lo más efectivos y productivos posible.

Contiene un conjunto de reglas muy pequeño y simple y está basado en los principios de inspección continua, adaptación, innovación y auto-gestión. Contribuye en la motivación de los integrantes del equipo, ya que permite que encuentren un ámbito propicio para desarrollar sus capacidades profesionales. Y logra que el cliente se sienta identificado y comprometido con el proyecto ya que ve crecer el producto iteración a iteración y encuentra las herramientas para alinear el desarrollo con los objetivos de negocio de su empresa.

SCRUM (Ver Anexo 2) define tres roles principales, el propietario del producto (Product Owner), el equipo (Team) y el Scrum Master. El propietario del producto tiene entre sus principales responsabilidades la funcionalidad del sistema, el retorno de la inversión del proyecto y el lanzamiento del proyecto, este rol representa a todos los interesados finales del producto. El rol de equipo se encarga de transformar el Backlog de la iteración en un incremento de la funcionalidad del software. Por su parte el Scrum Master se encarga de todo lo referente al proceso, además de garantizar el cumplimiento de las responsabilidades según los roles.

2.3.3.2 Extreme Programming (XP)

Es una “nueva disciplina para el desarrollo de software, que ha irrumpido recientemente con gran revuelo en el maremágnum de métodos, técnicas y metodologías existentes. Concretando más, se trata de un método «ligero», en contraposición a los métodos «pesados» como Métrica” (ACEBAL y LOVELLE, 2002).

Esta metodología (Ver Anexo 3) fue desarrollada por Kent Beck. Está centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en el desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo. XP está guiada por una rápida programación y se basa en realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, en la reutilización de código, en la realización de pruebas a los principales procesos con el objetivo de tratar de obtener los posible errores futuros, esto conocido como pruebas unitarias, en la simplicidad en las soluciones implementadas y coraje para enfrentar los cambios. Impone un alto nivel de disciplina entre los programadores, lo cual permite mantener un mínimo nivel de documentación que a su vez se traduce en una gran velocidad de desarrollo, además de proponer que el trabajo de los programadores sea en pares de forma tal que uno realice lo que el otro no hace en ese instante. XP

se define como especialmente adecuada para proyectos de corto plazo con requisitos imprecisos y muy cambiantes, donde existe un alto riesgo técnico. Está formada por cuatro partes fundamentales que encierran sus características fundamentales, las cuales son: historia de usuarios, roles, procesos y prácticas.

Es válido señalar que estas técnicas son aplicables a proyectos que cuentan con un equipo de desarrollo medio grande, encaminadas a solucionar un problema no trivial. Por lo que algunas de las medidas que proponen no tienen sentido ser aplicadas en proyectos pequeños. La propia formulación de esta recomienda la necesidad de que no se apliquen aquellas que puedan entorpecer el desarrollo del proyecto.

Las técnicas de esta metodología se dividen en cuatro ámbitos, que son: planificación, diseño, codificación y pruebas.

2.3.3.3 Dynamic Systems Development Method (DSDM)

Define el marco para desarrollar un proceso de producción de software. Surge en 1994 con el objetivo de crear una metodología que fuera independiente de las herramientas y que pudiera ser utilizado en proyectos de tipo RAD unificada. La estructura del método fue guiada por nueve principios:

1. El involucramiento del usuario es imperativo.
2. Los equipos de DSDM deben tener el poder de tomar decisiones.
3. El foco está puesto en la entrega frecuente de productos.
4. La conformidad con los propósitos del negocio es el criterio esencial para la aceptación de los entregables
5. El desarrollo iterativo e incremental es necesario para converger hacia una correcta solución del negocio.
6. Todos los cambios durante el desarrollo son reversibles.
7. Los requerimientos están especificados a un alto nivel.
8. El testing es integrado a través del ciclo de vida.
9. Un enfoque colaborativo y cooperativo entre todos los interesados es esencial.

Entre las principales características de esta metodología se destacan que: es un proceso iterativo e incremental y el equipo de desarrollo y el usuario trabajan juntos. Propone cinco fases: estudio de factibilidad, estudio del negocio, modelado funcional, diseño y construcción, implantación. (Ver Anexo 4)

“El estudio de factibilidad es una pequeña fase que propone DSDM para determinar si la metodología se ajusta al proyecto en cuestión. Durante el estudio del negocio se involucra al cliente de forma temprana, para tratar de entender la operatoria que el sistema deberá automatizar. Este estudio sienta las bases para iniciar el desarrollo, definiendo las features de alto nivel que deberá contener el software. Posteriormente, se inician las iteraciones durante las cuales: se bajará a detalle los features identificados anteriormente, se realizará el diseño de los mismos, se construirán los componentes de software, y se implantará el sistema en producción previa aceptación del cliente”. (HERNÁN)

En cuanto a los roles, DSDM especifica tres fundamentales:

Visionario: Es el encargado de asegurar que se satisfacen las necesidades del negocio.

Usuario embajador: Este brinda el conocimiento del negocio y define los requerimientos del software.

Coordinador técnico: Es la persona encargada de mantener la arquitectura, verificar la existencia de los componentes construidos respecto a esta y al cumplimiento de los estándares técnicos.

Es importante resaltar que esta metodología ha tenido un refinamiento continuo y es una de las más aceptadas en el mercado.

2.3.3.4 Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP en sus siglas en inglés correspondientes a Rational Unified Process)

“El *Proceso Unificado de Rational (RUP)*, es un proceso de ingeniería de software planteado por Kruchten (1996) cuyo objetivo es producir software de alta calidad, es decir, que cumpla con los requerimientos de los usuarios dentro de una planificación y presupuesto establecido. Cubre el ciclo de vida y desarrollo de software”. (DÍAZ-ANTÓN *et al.* 2004)

“RUP toma en cuenta las mejores prácticas en el modelo de desarrollo de software en particular las siguientes:

1. Desarrollo de software en forma iterativa.
2. Manejo de requerimientos.
3. Utiliza arquitectura basada en componentes.
4. Modela el software visualmente (modela con UML).
5. Verifica la calidad del software.
6. Controla los cambios. (JACOBSON *et al.* 2000)

El Proceso Unificado es un proceso de desarrollo de software cuyo ciclo de vida se caracteriza por:

- Dirigido por casos de Uso
- Centrado en arquitectura
- Iterativo e incremental

RUP es uno de los de los procesos más generales de los existentes actualmente, ya que en realidad esta pensado para adaptarse a cualquier proyecto, y no tan solo de software.

Un proyecto realizado siguiendo RUP se divide en cuatro fases:

- 1- Conceptualización (puesta en marcha)
- 2- Elaboración (definición, análisis, diseño)
- 3- Construcción (implementación)
- 4- Transición (fin del proyecto y puesta en producción)”

Cada fase se caracteriza por tener una o varias iteraciones (de tamaño variable según el proyecto), y dentro de cada una de ellas se seguirá un modelo de cascada para los flujos de trabajo que requieren los flujos de trabajo anteriormente citados.

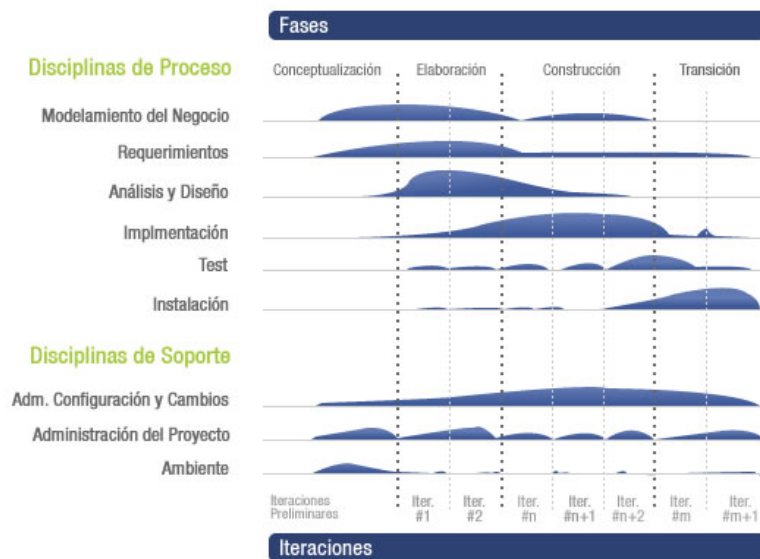


Figure 6 Ciclo de vida de la Metodología RUP

RUP define nueve flujos de trabajo (Ver figura 9) a tener en cuenta en cada fase del proyecto:

- 1- Modelamiento del negocio: Describe los procesos de negocio, identificando quiénes participan y las actividades que requieren automatización.
- 2- Requerimientos: Define qué es lo que el sistema debe hacer, para lo cual se identifican las funcionalidades requeridas y las restricciones que se imponen.
- 3- Análisis y Diseño: Describe cómo el sistema será realizado a partir de la funcionalidad prevista y las restricciones impuestas (requerimientos), por lo que indica con precisión lo que se debe programar.
- 4- Implementación: Define cómo se organizan las clases y objetos en componentes, cuáles nodos se utilizarán y la ubicación en ellos de los componentes y la estructura de capas de la aplicación.
- 5- Test o Pruebas: Busca los defectos a lo largo del ciclo de vida.
- 6- Instalación
- 7- Administración de Configuración y Cambios: Describe cómo controlar los elementos producidos por todos los integrantes del equipo de proyecto en cuanto a: utilización/actualización concurrente de elementos, control de versiones, etc.
- 8- Administración del Proyecto: Involucra actividades con las que se busca producir un producto que satisfaga las necesidades de los clientes.

- 9- Ambiente: Contiene actividades que describen los procesos y herramientas que soportarán el equipo de trabajo del proyecto; así como el procedimiento para implementar el proceso en una organización.

El proceso define una serie de roles que se distribuyen entre los miembros del proyecto y que definen las tareas de cada uno y el resultado (artefactos en la jerga de RUP) que se espera de ellos.

Conclusiones Parciales

El capítulo recién presentado comprendió la caracterización exhaustiva de un conjunto amplio de herramientas y tecnologías que hoy día tienen gran impacto para el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfico y que garantizan la búsqueda, consulta y actualización de información geográfica.

Del mismo modo se expusieron un conjunto de características fundamentales de un número finito de metodologías ágiles y pesadas que se utilizan a nivel internacional para el desarrollo de software que son altamente necesarias para guiar el proceso de desarrollo de software.

Piattini expresó que “para desarrollar un proyecto de software es necesario establecer un enfoque disciplinado y sistemático. Las metodologías de desarrollo influyen directamente en el proceso de construcción y se elaboran a partir del marco definido por uno o más ciclos de vida”. (PIATTINI 1996)

Si se quiere construir un software de alta calidad, desarrollado en el tiempo planificado y con los costes establecidos, pero que además satisfaga la necesidad de ser elaborado de una forma más acelerada y que exista una reducción del costo del producto, es necesario enfocarse en trabajar de forma organizada, donde se controle y documente todo lo relacionado con el proyecto en cuestión y puedan eliminarse los riesgos que podrían presentarse durante el desarrollo del mismo, lo cual no podría lograrse sin el empleo de una metodología eficaz que se adapte a las características propias del software que se esté desarrollando.

CAPÍTULO 3

Solución Propuesta

Introducción

Se decide trabajar con una metodología para guiar el proceso de desarrollo del software, pero ¿cuál de ellas se debería escoger? Esta es una decisión que requiere tiempo de análisis, pues el éxito en la construcción de un producto depende en gran medida de la metodología que se decida escoger, una metodología que se adapte a las naturaleza y características particulares del proyecto, de la aplicación, controles y entregas a realizar, y que requiere que para seleccionarla, se realice un estudio detallado y profundo de todas las alternativas por las cuales se pueda llegar a la solución apropiada. Además, para escoger la metodología adecuada es necesario tener en cuenta las características del producto, su tamaño o complejidad, el entorno del proyecto en el que trabaja el equipo de software y otras características.

En el transcurso de este capítulo se realizará una descripción de la metodología que finalmente fue compendiada para el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica y que sirve de apoyo a la guía metodológica que será propuesta para la construcción de los SIG en nuestra Universidad.

Además, se darán a conocer las herramientas y tecnologías que finalmente fueron seleccionadas para el desarrollo de estos SIG, luego de hacer un estudio detallado de las potencialidades y facilidades que brinda cada una de ellas.

El requerimiento de experticia en el área por parte de los desarrolladores, y en especial de los líderes de proyecto es el punto clave en la ejecución adecuada de los proyectos de desarrollo de software. Pero como en otras áreas del desarrollo humanos, una solución a este déficit es el uso de guías metodológicas, procedimientos de trabajo, herramientas documentales; en fin, una guía

metodológica que basada en las experiencias de proyectos anteriores permita a los líder y jefes de proyectos tener un apoyo y una herramienta que le ayuda a realizar un mejor y más eficiente proceso de desarrollo.

Finalizando precisamente este capítulo se dará a conocer la guía metodológica propuesta para el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

3.1 Propuesta de alternativas libres para el desarrollo del SIG

Teniendo en cuenta el nuevo orden económico mundial, las grandes diferencias entre el Software Propietario y el Software Libre, la gran popularidad y el indetenible auge de este último, las ventajas y confiabilidad que proporciona su uso, unido a todo esto, la situación económica de nuestro país, y el continuo desbalance del mercado mundial, conllevan a la necesidad de que nuestro país opte por estrategias que le permita imponerse al bloqueo y no quedarse rezagado debido los obstáculos que impone el mundo capitalista y esté entre los punteros en el mundo de la información, la Universidad de las Ciencias Informáticas, como parte de esta nueva iniciativa que ha centrado las bases para un futuro bastante próspero, opta por las alternativas libres para el desarrollo de Sistemas de Información Geográficas.

Después del análisis realizado de las diferentes herramientas y tecnologías libres existentes para el desarrollo de SIG, de las relaciones entre estas (Ver Anexo 5) y teniendo en cuenta las ventajas y desventajas del uso de los mismos y de la presencia de estos en los buscadores (Ver Anexo 6) se decidió que las tecnologías que serán utilizadas en el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica, dan como resultado la combinación de PostgreSQL-PostGIS como Servidores de Base de Datos Geográficas, MapServer y GeoServer como Servidores de Mapas, GeoNetwork como herramienta de metadatos, gvSIG y Kosmo como Clientes de Escritorio, KapMap como cliente Web y por último GDAL, OGR, Geotools, y OpenLayers como bibliotecas.

3.2 Propuesta de Metodología para el desarrollo del SIG. Metodología RUP Ultra Light.

RUP es un proceso muy general y muy grande, por lo que antes de usarlo es necesario configurarlo y adaptarlo a las características de la empresa. Muchas personas se han dedicado a tomar los elementos más significativos y genéricos del mismo para generar versiones reducidas, que cumplan las expectativas para la construcción de un producto software. Surge así la metodología conocida como RUP Ultra Light, la cual no es más que una adaptación del Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP), integrada por 10 pasos enmarcados en 4 etapas: análisis, diseño, programación y puesta en marcha.

Se selecciona esta metodología precisamente para el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica, ya que después del análisis de un conjunto de metodologías existentes (ágiles y pesadas), de conocer las ventajas y desventajas que ofrecen cada una de ellas y de las exigencias que tienen para poder ponerlas en práctica, se llega a la conclusión que se necesita una metodología que sea potente como RUP pero que sea rápida y que no tenga las limitaciones que tienen las metodologías ágiles estudiadas, que sea flexible, confiable y que con ella se garantice el buen desarrollo y documentación de un software.

Pasos de la Metodología RUP Ultra Light

- 1. Realizar un Diagrama de Casos de Uso.** Una vez identificadas todas las funcionalidades con que debe contar el software que se pretende construir, donde cada una de estas funcionalidades representa un caso de uso en particular, se debe proseguir a la representación de todos estos casos de uso en un diagrama, en el cual se tienen en cuenta además, a los actores involucrados y las relaciones existentes entre ellos (actor-caso de uso, actor- actor, caso de uso- caso de uso).
- 2. Priorizar los Casos de Uso a trabajar.** Una vez identificados todos los casos de uso con que debe contar el sistema, se debe hacer una lista de prioridad de casos de uso, donde la prioridad es el riesgo que conllevan. Los riesgos es todo lo que puede afectar el buen desarrollo del sistema como puede ser: necesidad de cambiar la arquitectura, no escoger los requisitos adecuados, no construir un sistema correcto, etc. Se deben determinar cuáles son más importantes o necesarios para desarrollar en las primeras iteraciones y cuales deben

dejarse para más tarde. Es necesario reflejar que para el cliente todos son importantes, por ello es vital que se le explique al mismo, que todos los requerimientos se van a desarrollar, solo que se irá construyendo el sistema por partes, y que para esto debe identificar cuáles necesita en menos tiempo.

- 3. Generar los Documentos de Caso de Uso.** Para entender la funcionalidad asociada a cada caso de uso no es suficiente con la representación gráfica del Diagrama de Casos de Uso, se necesita un documento que describa de forma breve o extendida lo que hace el caso de uso.

Este documento debe ser generado por el Analista del proyecto y debe tener de una forma u otra la siguiente estructura:

- “Descripción Breve. De lo que hace el Caso de Uso.
 - Precondiciones. Condiciones que deben ser cumplidas antes de ejecutar el Caso de Uso.
 - Flujo Básico. Descripción paso a paso de las acciones a realizar por el Usuario cuando trabaja de forma correcta en este Caso de Uso.
 - Flujo Alternativo. Detalle de los pasos que seguirá el usuario cuando no trabaje de forma correcta en este requerimiento, ejemplo: validaciones, etc.
 - PostCondiciones. Las acciones que se deben realizar después de que se ha terminado de ejecutar el Caso de Uso.
 - Interfaz Gráfica. Prototipo de como debe quedar la pantalla del caso de uso para ser vista por los usuarios”. (GUERRERO, 2007).
- 4. Generar los Diagramas de Secuencia.** Un diagrama de secuencia destaca la ordenación temporal de los mensajes. Permiten conocer la forma en la que los objetos se comunicarán en una pantalla para cumplir su objetivo. Aunque no es indispensable hacer este gráfico es muy recomendable pues ayuda a entender como se comunicarán los diferentes objetos entre sí. Esta labor ayudará también a que el Arquitecto de Software comprenda mejor lo que debe hacer, y los Implementadores podrán hacer mejor su trabajo.
 - 5. Diseñar el Framework del proyecto.** El Arquitecto de Software del proyecto diseñará las clases que serán usadas en todo el Software. Es un trabajo bastante delicado ya que el mal diseño de las clases involucra que no sean implementadas las funcionalidades de cada clase de forma correcta, lo cual conllevará a escribir un “*Spaghetti Code*”, que significa que el

código estará difuso. Esta etapa de diseño debe ser revisada cuidadosamente y de ser posible la utilización de Patrones de Diseño de Software, se recomienda.

6. **Creación de la Base de Datos.** El diagrama de clases del diseño desarrollado constituye el punto de partida para el diseño de la Base de Datos del proyecto pues se puede utilizar la Capa de Datos del mismo, donde se alojan las clases Entidad.
7. **Construir la máscara de nuestro WebSite o Aplicación Windows.** Simultáneamente al desarrollo de los pasos 4, 5 y 6 se pueden ir realizando las plantillas para la creación de las páginas web ayudándose de los gráficos de las GUI's (Graphic User Interface o Interfaz Gráfica de Usuario) que se encuentran en los Documentos de Casos de Uso.
8. **Programar las funcionalidades de los Casos de Uso.** Una vez terminadas las clases, se comienzan a programar las funcionalidades de los Casos de Uso. Para ello, los programadores se apoyan en los documentos de Casos de Uso desarrollados por los analistas y basándose en el Diagrama de Secuencia y en las clases diseñadas por el Arquitecto escriben el código que se necesita para que el caso de uso funcione.
9. **Probar los Requerimientos del Software.** Independientemente que en el Documento de Casos de Uso se describa detalladamente cómo debe funcionar el requerimiento y que se hayan realizado los diagramas, siempre se escapan algunos detalles que se deben corregir en una etapa de pruebas exhaustivas, que no deben ser hechas por las mismas personas que programaron los Casos de Uso.
10. **Integrar los requerimientos concluidos.** Al finalizar es indispensable unir lo que se ha realizado por diferentes programadores de forma tal que el sistema funcione como un todo y ponerlo a disposición de los usuarios.

Se deben repetir de los pasos 3 al 10 por cada iteración que se haya programado para el proyecto, para de esta forma poder controlarlo.

La etapa de análisis se sitúa entre los pasos 1 al 4, la de diseño entre la etapa 5 y 6, la programación se puede ver en los pasos 8 y 9 y la puesta en marcha en el paso 10.

3.3 Guía Metodológica para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica.

Luego de un largo proceso investigativo y como resultado de un riguroso estudio de las metodologías, guías metodológicas, herramientas y tecnologías existentes para el desarrollo de

Sistemas de Información Geográfica a nivel internacional, así como del contexto de producción de este tipo de software en la UCI, en este epígrafe, se define finalmente el conjunto de principios que servirán de guía metodológica para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica en la Universidad de las Ciencias Informáticas. También se presenta una propuesta compuesta por 5 etapas en las que son enmarcados los 21 principios que forman parte de la guía, que ha sido diseñada con el fin de personalizar la plataforma SIG-Web a cada uno de los clientes futuros. Al finalizar se muestra un gráfico que exhibe los pasos por los que está compuesta la guía metodológica y que tributa además a las etapas de personalización de la plataforma SIG-Web, en que se pueden observar mucho mejor las relaciones y dependencias entre las actividades que conforman la propuesta final.

1. Identificar las necesidades de los clientes.

Para el desarrollo de esta actividad se hace necesario que inicialmente se defina el problema que se necesita resolver, se determine si existe en la actualidad algún tipo de solución para el problema planteado, se defina el objetivo o misión del sistema que se desea construir así como sus objetivos específicos, se defina el alcance del SIG reflejando para ello los requerimientos que debe tener el sistema y se realice el cronograma de ejecución del proyecto.

2. Identificar todas las funcionalidades que requiere el cliente que tenga la aplicación SIG.

Durante esta actividad se pretende que el cliente identifique las funcionalidades que quiera mantener o agregar finalmente en su sistema. En un inicio se le muestra la Plataforma SIG-Web con todas sus funcionalidades para que el mismo tenga la oportunidad de elegir cuáles de ellas desea que tenga la aplicación y cuáles necesita que sean adicionadas. Las funcionalidades se refieren a la navegación (Zoom In, Zoom Out, Zoom Extens, Desplazamiento, Mapa guía dinámico, Cambio de escala, Cálculo de distancias y áreas, Selección de objetos por áreas), a la configuración de apariencia (Activar/Desactivar Capas de información, Activar/Desactivar Barras de herramientas, Activar/Desactivar Selección de elementos), a la Visualización superpuesta de mapas (vectoriales/raster) y ortofotos, cuya visualización es opcional, a la realización de consultas espaciales o temáticas, a la representación de la cartografía base, entre otras.

3. Diseñar y presentar al cliente un Prototipo no funcional de la aplicación para determinar si cumple con todos los requerimientos expuestos por el mismo.

Esta actividad comprende el diseño de un prototipo no funcional que permite visualizar cómo debe quedar la aplicación con todas sus funcionalidades representadas. Se realiza con el objetivo de que el cliente final pueda verificar si todos los requerimientos expuestos por él, son cumplidos a cabalidad.

4. Recopilar y revisar la cartografía base.

Una vez identificadas las necesidades del cliente se conoce qué cartografía se necesita representar por lo que se procede a la obtención de la misma. Es válido aclarar que esta cartografía debe ser suministrada por especialistas de alguna institución cuyo trabajo sea precisamente este. Si no existe deben proceder a concebirla. Posteriormente se debe revisar para determinar si se encuentra en un formato que se necesite, para si no es así proceder a su conversión.

5. Identificar la información que el cliente quiere representar geográficamente.

Para el desarrollo de esta actividad se necesita que se lleve a cabo un profundo trabajo con el cliente, con el objetivo de determinar qué objetos específicamente necesita que se represente sobre la cartografía base ya identificada.

6. Modelar la información que el cliente quiere representar geográficamente.

Modelar significa:

Realizar una abstracción, identificar y ajustar la información en forma de objetos geo-referenciados.

Por ejemplo:

Si el escenario es un edificio; construyendo un GIS para Hospitales

Cada Hospital es un objeto.

Cada Hospital tiene dentro de sí un conjunto de objetos que hay que identificar.

1. Hospital (Objeto Padre)
 - a. Salas (Obj)
 - i. Camas (obj)
 - b. Laboratorio (Obj)
 - i. Equipos (obj)
 - c. Farmacia (Obj)

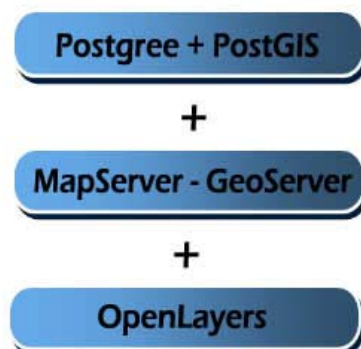
i. Estante (obj)

Una jerarquía de objetos que puede ser tan profunda como se quiera, donde cada objeto tiene asociado una información socioeconómica y una posición geográfica (x, y) o mejor aún, una geometría asociada a ellos.

7. Identificar las tecnologías y herramientas que permitan llevar adelante un desarrollo en Software Libre.

Es necesario que se realice un estudio de las tecnologías y herramientas libres que existen en la actualidad para el desarrollo de los SIG para poder determinar cuáles de ellas serían más apropiadas para llevar a cabo la construcción de una aplicación determinada. Se debe tener en cuenta la complejidad del sistema que se desea construir para determinar si sería más factible hacer una aplicación desktop (de escritorio) o una aplicación web, pues en dependencia de esta selección variarán algunas de las herramientas que se emplean para su creación.

En este caso, lo mejor es la combinación:



8. Una vez realizado el modelado de los objetos realizar el diseño lógico de la Base de datos Socioeconómica. (Base de datos Objeto Relacional)
9. Realizar el diseño físico de la Base de datos Socioeconómica.

Consiste en almacenar los objetos con sus características en la Base de datos Socioeconómica. Se debe expresar en tablas el modelo lógico de datos, contemplando por supuesto todos los aspectos directivos de diseño, tales como claves primarias y foráneas para relacionar las tablas entre sí y con las tablas gráficas, nombre y tamaño de los campos, permisología, usuarios, entre otros.

10. Realizar el diseño lógico de la Base de Datos Geográfica.

11. Realizar diseño físico de la BD Geográfica.

Consiste en el almacenamiento de los objetos anteriormente referenciados en una base de datos geográfica o de objetos geo-referenciados, o sea, en una base de datos con extensión geográfica que en el caso de software libre sería POSTGIS. Estos objetos tendrán asociada una geometría.

12. Diseñar la Base de Datos Cartográfica.

Esta es la base de datos sobre la cual se montan todos los objetos identificados anteriormente. Las Bases de datos de cartografía base se conciben a partir de la gestión de la misma por los clientes o consumiendo un servicio de un órgano oficial como por ejemplo, una Infraestructura de Datos Espaciales.

13. Implementar todas las funcionalidades que requiere el cliente que tenga la aplicación SIG.

En esta actividad se implementarán las nuevas funcionalidades que hayan sido identificadas por el cliente no contempladas en la Plataforma SIG-Web.

14. Desarrollar un CORE o núcleo que permita gestionar el negocio pertinente que se va a manejar.

- Mediante este CORE se van a gestionar dos elementos fundamentales:

1. Las consultas temáticas
2. Las consultas Espaciales

En el primer caso, dado una cadena de texto de búsqueda el sistema debe retornar la información asociada al parámetro de búsqueda y debe representar espacialmente el objeto encuestado.

Por otra parte, en el segundo caso dado una geometría, o sea, dado un objeto seleccionado en el espacio en un mapa, retorna toda la información socioeconómica asociada al objeto seleccionado.

15. Dividir el desarrollo de un SIG en componentes fundamentales. Existen tres componentes que deben estar acoplados en una solución SIG.



16. Integrar todos los componentes implementados.

Una vez implementados todos los componentes que estarán incluidos en la capa de presentación, capa de lógica del negocio y capa de acceso a datos donde se insertan los tres componentes mencionados en la actividad anterior, se procede a la integración de los mismos.

17. Probar el funcionamiento del sistema diseñado e implementado.

En esta actividad se verifica si el sistema funciona correctamente, se prueban las potencialidades y bondades del mismo, se comprueba si se ajusta a las necesidades de información establecidas.

18. Implantación definitiva del Sistema de Información Geográfico.

Instalación y puesta en marcha del SIG. Inicio de la operación del sistema por parte de los usuarios de la organización. Evaluar si la metodología empleada logró implantar un SIG sistémico y con un grado de impacto organizacional mínimo.

19. Elaboración de los manuales de normas y procedimientos del sistema y los manuales del usuario.

Se recomienda que estos manuales deben irse elaborando a lo largo de todo el proceso de implantación.

20. Ejecutar plan de adiestramiento al usuario final, preferentemente a los clientes potenciales del SIG que se está desarrollando.

Dicho plan contempla la enseñanza en el manejo de las herramientas, aplicaciones y módulos elaborados para el sistema por medio de los cuales se visualizará y extraerá la información necesaria.

21. Operación y Mantenimiento del Sistema de Información Geográfico desarrollado.

Establecer políticas de actualización y mantenimiento de la base de datos, así como también de las aplicaciones y módulos del SIG; las cuales deben contemplar las continuas innovaciones tecnológicas y el monitoreo del ciclo de vida del sistema.

Toda solución, todo diseño, toda arquitectura de un GIS, debe estar encaminada a mejorar el rendimiento.

El rendimiento es factor clave en el desarrollo de un GIS y hay que estar dispuestos a sacrificar un diseño aparentemente más profesional para lograr mejor rendimiento.

Un GIS debe poseer un mecanismo de réplica para poder integrar una Base de Datos Relacional con una Base de datos geográfica.

El éxito de un GIS está relacionado con el mínimo acoplamiento y dependencia que este tenga hacia un Sistema de Gestión de información Socio-Económica.

Existen características y funcionalidades que son comunes a un Sistema de Información Geográfica, pero la cuestión de análisis depende de los intereses particulares de cada cliente.

3.3.1 Etapas para el desarrollo de SIG en la Facultad 9 de la UCI.

Etapa 1:

Presentar al cliente la Plataforma SIG-WEB e identificar sus necesidades.

La Plataforma SIG-Web es una plataforma soberana, un producto comercializable, genérico e independiente de clientes. Surge como necesidad de contar con un producto informático personalizable, de apoyo a la toma de decisiones, a partir de la representación y análisis geoespacial de la información relacionada con clientes específicos.

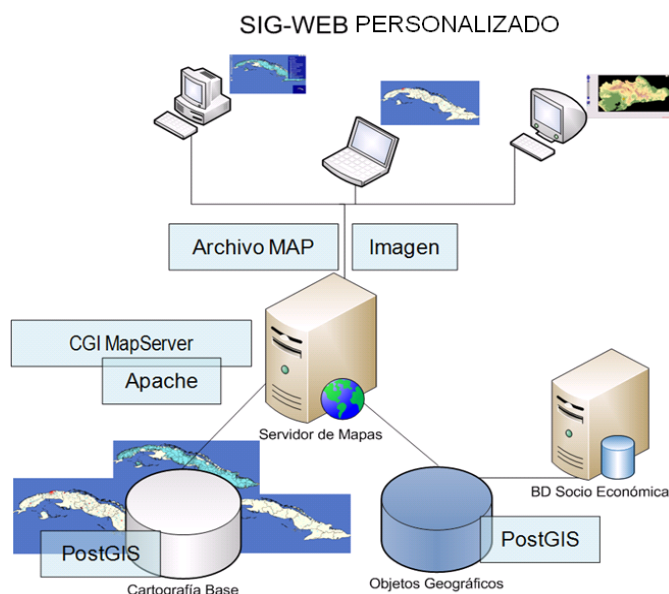
Los objetivos de la misma están dirigidos a:

1. Permitir la representación geo-espacial de la información asociada a clientes específicos.
2. Proporcionar servicios de acceso a la información geográfica, para su visualización, consulta y análisis.
3. Permitir la actualización de las Bases de Datos a través de un mecanismo de réplica consistente.
4. Permitir el acceso a Bases de Datos alfanuméricas externas para su representación geográfica y posterior análisis
5. Integrar la información raster existente (imágenes de satélite, ortofotos o mapas escaneados) con información vectorial.

Componentes de la solución

1. Un repositorio de datos geo-espaciales que contiene la información cartográfica base, dígase división política administrativa, redes eléctricas, límites, costa, carreteras entre otras, la cual es usada como referencia para la posterior representación de los datos específicos de los clientes.
2. Una base de datos geo-espacial que contiene la geo-referenciación de cada uno de los objetos geográficos identificados con el cliente.
3. Un Visor Web Interactivo de acceso a los datos y servicios como la visualización de consultas gráficas realizadas por los usuarios.
4. Un agente externo que permita realizar el control de réplicas bajo esquemas personalizables.
5. Una fábrica de tulpas espaciales que permite a los usuarios preparar la base de datos geo-espacial según sus necesidades.
6. Herramienta de administración de datos y configuración.

Arquitectura de la Plataforma SIG-WEB



Entregables:

1. Documento con las necesidades del cliente identificadas.
2. Valoración del escenario del cliente.
3. Dimensión de la personalización del producto.
4. Cronograma de ejecución del proyecto.

Etapa 2:

Revisión de cartografía base e identificación y modelado de objetos espaciales.

Entregables:

1. Importación la cartografía digital.
2. Digitalización.
3. Gestión de datos alfanuméricos (hacer captador o personalizar captador de datos).
4. Enlaces (crear enlaces entre los datos alfanuméricos y geométricos).
5. Validación (validar que la información encontrada y digitalizada es correcta tanto la geométrica como la alfanumérica).
6. Mantenimiento de Datos (inserción, borrado, etc.).

7. Explotación de los datos (generar mapas temáticos, cálculos y todo lo demás).

Etapa 3:

Personalización de Plataforma SIG-Web a partir de las necesidades identificadas y sobre la cartografía obtenida.

Entregables:

1. Plataforma personalizada a los nuevos requerimientos y sobre la cartografía obtenida.

Etapa 4:

Despliegue de la solución y entrenamiento de usuarios finales.

Entregables:

1. Solución desplegada en los clientes

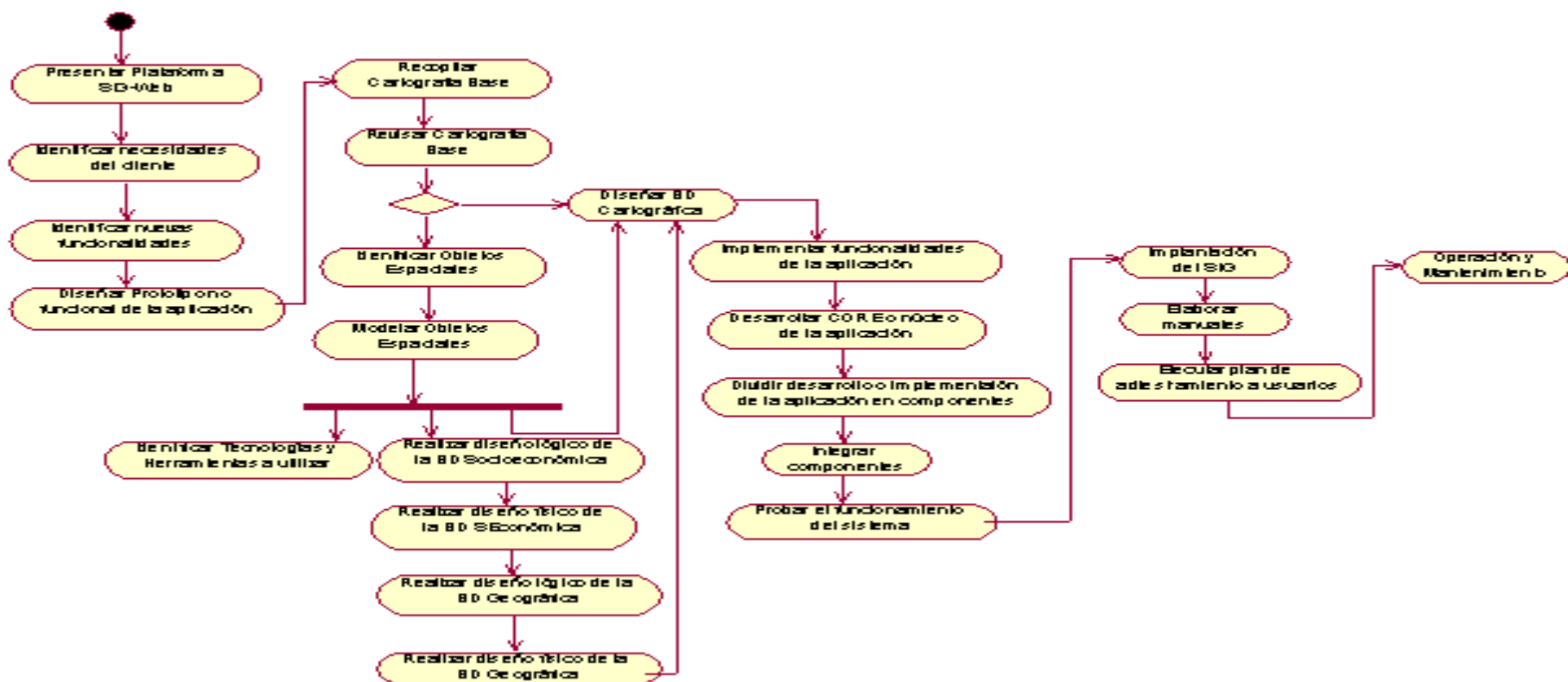
Etapa 5:

Soporte y mantenimiento.

Entregables:

1. Resultado del monitoreo del comportamiento de la solución.

3.3.2 Representación de las actividades que forman parte de la guía metodológica para el desarrollo de SIG en la UCI.



Conclusiones Parciales

El desarrollo del capítulo presentado, ha permitido que a partir de un profundo estudio de un conjunto de metodologías y guías metodológicas existentes en el mundo para el desarrollo de SIG, de un significativo número de herramientas y tecnologías libres que se utilizan a nivel internacional para la construcción de un SIG y de un conjunto de metodologías ágiles y pesadas empleadas para el desarrollo de cualquier software, se realice una propuesta integrada por un conjunto de principios que permitirán guiar el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica en la Universidad de las Ciencias Informáticas, que estará apoyado en un conjunto de herramientas que han sido seleccionadas finalmente por sus potencialidades, para su construcción y su vez por la metodología RUP Ultra Light que será utilizada para gestionar la ingeniería de software en particular.

Es importante destacar que para arribar a la solución propuesta que conforman la guía también fue necesario apoyarse en las entrevistas y encuestas realizadas a los líderes de proyecto que conforman la muestra en esta investigación.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la investigación correspondiente al presente trabajo de diploma arrojó que:

- No existe un conocimiento por parte de líderes o integrantes de proyecto SIG de las metodologías o guías metodológicas desarrolladas con el fin de la construcción de productos de este tipo.
- Pobre aplicación de metodologías de desarrollo de software en los proyectos dedicados a la construcción de Sistemas de Información Geográfica.
- Teniendo en cuenta que no existe una metodología de desarrollo de software universal para el desarrollo de SIG, se puede recurrir al estudio de algunas de las soluciones existentes para la elaboración de productos software en función de tomar los elementos más significativos de estas y adecuarlos al contexto de la UCI.
- El estudio riguroso de las guías metodológicas, metodologías, herramientas y tecnologías que existen en el mundo actual para el desarrollo de SIG permitió la elaboración de un conjunto de principios que forman parte de una guía para la construcción de este tipo de software en la Universidad, con capacidad de posible extensión a las demás empresas de software en nuestro país.
- La solución propuesta se ajusta a los estándares internacionales para el desarrollo de software.

RECOMENDACIONES

Después de haber realizado una descripción de los elementos que forman parte de la solución propuesta, los cuales en su conjunto conforman la guía metodológica para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica en la Universidad de las Ciencias Informáticas, se hace necesario que se listen un grupo de recomendaciones que permitan una mejora continua de todo el proceso de desarrollo de software de este tipo y de su aplicación a los diferentes proyectos productivos:

- Capacitación de líderes e integrantes del equipo de trabajo de los proyectos de software SIG sobre todo lo relacionado con guías o metodologías de software, a fin de que tengan plena conciencia de la necesidad de su aplicación en la elaboración de un producto determinado.
- Profundizar en el estudio de las metodologías de desarrollo de SIG, con el objetivo de plantear otros principios que no hayan sido comprendidos en la propuesta de solución y que puedan contribuir a la minimización de tiempos de desarrollo y aumento en la calidad del producto resultante.
- Analizar y aplicar consecuentemente los principios planteados en la solución, en un conjunto de proyectos que trabajen directamente en el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica.
- Realizar un seguimiento del trabajo de estos proyectos bajo este nuevo enfoque y velar por los resultados de su aplicación.
- De resultar exitosa la aplicación de esta guía metodológica en estos proyectos productivos, proponer su extensión a todos los proyectos dedicados a esta área en la Universidad.
- Estudiar la posible aplicación de este enfoque en otras empresas que se dediquen al desarrollo de productos de este tipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A.ABELLA; SÁNCHEZ, J., *et al. Libro Blanco del Software Libre en España*. 2003, Disponible en: <http://www.libroblanco.com/document/1000-2003.pdf>.
2. ACEBAL, C. F. y LOVELLE, J. M. C. *eXtreme Programming (XP): un nuevo método de desarrollo de software*. 2002, Disponible en: <http://www.ati.es/novatica/2002/156/156-8.pdf>
3. ALMA, E. T.; JESÚS, M. A., *et al. MySQL*. 2008, Disponible en: <http://www.uaem.mx/posgrado/mcruz/cursos/miic/MySQL.pdf>.
4. ÁLVAREZ, J. R. y ARIAS, M. *Necesidad de una metodología* Disponible en: <http://www.ia.uned.es/ia/asignaturas/adms/GuiaDidADMS/node9.html>.
5. BERNI, J. A. J.; UREÑA, M. J. A., *et al. ALTERNATIVAS DE SOFTWARE LIBRE A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMERCIALES*. 2005, Disponible en: <http://www.cartesia.org/geodoc/ingegraf2005/gis10.pdf>.
6. BRUNSWICK, U. O. N. *Qué es Geomática?* 2001, Disponible en: <http://members.tripod.com/hidrografica/geomatica.htm>.
7. DÍAZ-ANTÓN, M. G.; PÉREZ, M. A., *et al. PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE EDUCATIVO BAJO UN ENFOQUE DE CALIDAD SISTÉMICA* Disponible en: <http://www.academia-interactiva.com/ise.pdf>.
8. E., N. R.; SANABRIA., R. D. M., *et al. LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA* Disponible en: www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=70001#top.
9. ECHEVERRIA, X. V. *QUÉ ES UN SIG* Disponible en: <http://www.navactiva.com/web/es/descargas/pdf/atic/sig1.pdf>.
10. FALLAS, J. *ArcView GIS*. 2001, Disponible en: http://www.icomvis.una.ac.cr/telesig/pdf/tutorial_anexo1.pdf.
11. GUERRERO, H. C. *Proceso de Desarrollo de Software Orientado a Objetos* Disponible en: <http://hancocchi.net/proceso-desarrollo-software-orientado-objetos/>.
12. HERNÁN, S. M. *Diseño de una Metodología Ágil de Desarrollo de Software*. Disponible en: <http://www.fi.uba.ar/materias/7500/schenone-tesisdegradoingenieriainformatica.pdf>.
13. JACOBSON, I.; BOOCH, G., *et al. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. 2000.

14. LAJARA, M. M. y SALINAS, J. G. S. *Panorama actual del ecosistema de software libre para SIG*. 2007, Disponible en: <http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre2007/comun/1pdf/12.pdf>.
15. LEO, N. D. *¿Qué es un SIG (GIS)?* Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/mdt/GTS/Zonaedu/GIS7htm.htm>.
16. LETELIER, P. *Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software* Disponible en: <http://issi.dsic.upv.es/tallerma>.
17. LINDE, J. M. M. *¿QUÉ ES UN S.I.G.? LA EXPERIENCIA DEL I.M.I. DEL AYUNTAMIENTO DE PALMA* Disponible en: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=133.
18. MARGALEF, J. G. y POLO, C. P. *Estudio comparativo de herramientas SIG Libres aplicadas a contextos de cooperación al desarrollo*. 2007, Disponible en: http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre/uploads/file/Comunicaciones_2/8.pdf.
19. MARTÍNEZ, E. A. *Metodología. Hágase la luz*. 2005, Disponible en: <http://www.crisol.cc/eamftec/metodologias/Metodologias.pps>
20. MAYORAL, S. M. *Herramientas para la creación de metadatos*. 2008, Disponible en: http://www.idee.es/show.do?to=pideep_crear_md.ES.
21. MAYORAL, S. M.; PASCUAL, A. R., et al. *¿Qué es una IDE?* 2008, Disponible en: http://www.idee.es/show.do?to=pideep_que_es_IDEE.ES.
22. MONSALVE, J. J. y CARMONA, A. D. J. *Sistemas de Información Geográfica* Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>.
23. ORTIZ, R. V. O.; MUNDÓ, J., et al. *Metodología para la Creación de Sistemas de Información Geográfica en Transporte para la Planificación y la Gestión urbana*. . 2002, Disponible en: http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-30692002000200006&lng=es&nrm=iso.
24. PIATTINI, M. *ANALISIS Y DISEÑO DETALLADO DE APLICACIONES INFORMATICAS DE GESTION*. 2007.
25. PLAZA, A. G.; JIMÉNEZ, F. B. G., et al. *FASES DE UN PROYECTO SIG*. Disponible en: http://www.turismo.uma.es/alumnos/arcinfo/Tema_6.html.
26. RAMSEY, P. *Manual PostGIS*. Disponible en: <http://postgis.refractory.net/documentation/postgis-spanish.pdf>.

27. RODRÍGUEZ, N.; SANABRIA., R. D. M., *et al.* *LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA* 1998, Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=70001#top>.
28. RONDON, R. A. P. *SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA DE BALIZAMIENTO*. 1999, Disponible en: <http://gis.esri.com/library/userconf/latinproc99/ponencias/ponencia08.html>.
29. SÁNCHEZ, E. *UNA METODOLOGÍA SISTÉMICA PARA LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS*. Disponible en: <http://gis.esri.com/library/userconf/latinproc99/ponencias/ponencia13.html>.
30. SUBIRANA, J. C. I. *INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDE). DEFINICIÓN Y DESARROLLO ACTUAL EN ESPAÑA 2004*, Disponible en: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-170-61.htm>.
31. VALENCIA, D. D. S. I. Y. C. U. D. *Proceso de desarrollo de software*. nº
32. WALES, U. O. N. S. *Que es Geomatica?* 2001, Disponible en: <http://members.tripod.com/hidrografica/geomatica.htm>.
33. YAGÜEZ, J. C. D. y LANGHI, R. *Sistema de Información Geográfica (S.I.G.)*. 2002, Disponible en: http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/SIG/que_es_sig.htm.

BIBLIOGRAFÍA

1. A.ABELLA; SÁNCHEZ, J., et al. Libro Blanco del Software Libre en España. 2003, Disponible en: <http://www.libroblanco.com/document/1000-2003.pdf>.
2. ACEBAL, C. F. y LOVELLE, J. M. C. eXtreme Programming (XP): un nuevo método de desarrollo de software. 2002, Disponible en: <http://www.ati.es/novatica/2002/156/156-8.pdf>
3. ALMA, E. T.; JESÚS, M. A., et al. MySQL. 2008, Disponible en: <http://www.uaem.mx/posgrado/mcruz/cursos/miic/MySQL.pdf>.
4. ÁLVAREZ, J. R. y ARIAS, M. Necesidad de una metodología Disponible en: <http://www.ia.uned.es/ia/asignaturas/adms/GuiaDidADMS/node9.html>.
5. BAUFEST. ¿Qué es Scrum? 2006, Disponible en: http://www.baufest.com/spanish/scrum/scrumconference2006/Que_es_scrum.pdf.
6. BERNI, J. A. J.; UREÑA, M. J. A., et al. ALTERNATIVAS DE SOFTWARE LIBRE A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMERCIALES. 2005, Disponible en: <http://www.cartesia.org/geodoc/ingegraf2005/gis10.pdf>.
7. BRUNSWICK, U. O. N. Qué es Geomática? 2001, Disponible en: <http://members.tripod.com/hidrografica/geomatica.htm>.
8. CANADA, N. R. Sistemas de Información Geográfica. Disponible en: <http://www.nrcan.gc.ca/ess>.
9. CANÓS, J. H.; LETELIER, P., et al. Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software. 2008, Disponible en: <http://www.willydev.net/descargas/prev/TodoAgil.pdf>.
10. CARBONELL, J. I. S. ¿Qué es un SIG? Disponible en: http://www.nosolosig.com/%BFque_es_un_sig?.html.
11. CORRAL, R. Por qué me gusta Scrum Disponible en: http://geeks.ms/blogs/rcorral/archive/2006/10/15/Por-qu_E900_-me-gusta-Scrum.aspx.
12. DÍAZ-ANTÓN, M. G. y PÉREZ, M. A. PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE EDUCATIVO BAJO UN ENFOQUE DE CALIDAD SISTÉMICA. 2004, Disponible en: <http://www.academia-interactiva.com/ise.pdf>.
13. DÍAZ-ANTÓN, M. G.; PÉREZ, M. A., et al. PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE EDUCATIVO BAJO UN ENFOQUE DE CALIDAD SISTÉMICA Disponible en: <http://www.academia-interactiva.com/ise.pdf>.

14. ECHEVERRIA, X. V. QUÉ ES UN SIG Disponible en: <http://www.navactiva.com/web/es/descargas/pdf/atic/sig1.pdf>.
15. ELESURU, A. B. y VALENZUELA, M. G. Software para la manipulación de Bases de Datos Espaciales PostGIS. 2007, Disponible en: <http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre2007/comun/1pdf/14.pdf>.
16. ESPINOSA, R. A. H. Reflexiones sobre el uso del Software Libre en Cuba. Ventajas Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos40/software-cuba/software-cuba.shtml>.
17. FALLAS, J. ArcView GIS. 2001, Disponible en: http://www.icomvis.una.ac.cr/telesig/pdf/tutorial_anexo1.pdf.
18. FOMENTO, M. D. ¿Qué es una IDE? 2008, Disponible en: http://www.idee.es/show.do?to=pideep_que_es_IDEE.ES.
19. GARCÍA, C. M.-C. Instalación y configuración de un servicio WFS-G (Nomenclátor o Gazetteer), con deegree. 2006, Disponible en: http://mapas.topografia.upm.es/geoserviciosOGC/documentacion/nomenclator/Gazetteer_parte1.pdf.
20. GARNETT, J. GeoServer is an Open Source server that connects your information to the Geospatial Web. Disponible en: <http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>.
21. GÓMEZ, Y. P. PRINCIPIOS ESTRATÉGICOS PARA LA GUÍA DEL PROCESO DE DESARROLLO DE SOFTWARE EDUCATIVO EN LA UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS. 2007.
22. GRACIA, J. Gestión de proyectos con SCRUM Disponible en: <http://www.ingenierossoftware.com/equipos/scrum.php>.
23. GUERRERO, H. C. Proceso de Desarrollo de Software Orientado a Objetos Disponible en: <http://hancocchi.net/proceso-desarrollo-software-orientado-objetos/>.
24. HERNÁN, S. M. Diseño de una Metodología Ágil de Desarrollo de Software. Disponible en: <http://www.fi.uba.ar/materias/7500/schenone-tesisdegradoingenieriainformatica.pdf>.
25. JACOBSON, I.; BOOCH, G., et al. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. 2000.
26. KNIBERG, H. Scrum y XP desde las trincheras. 2007, Disponible en: <http://infoq.com/minibooks/scrum-xp-from-the-trenches>.

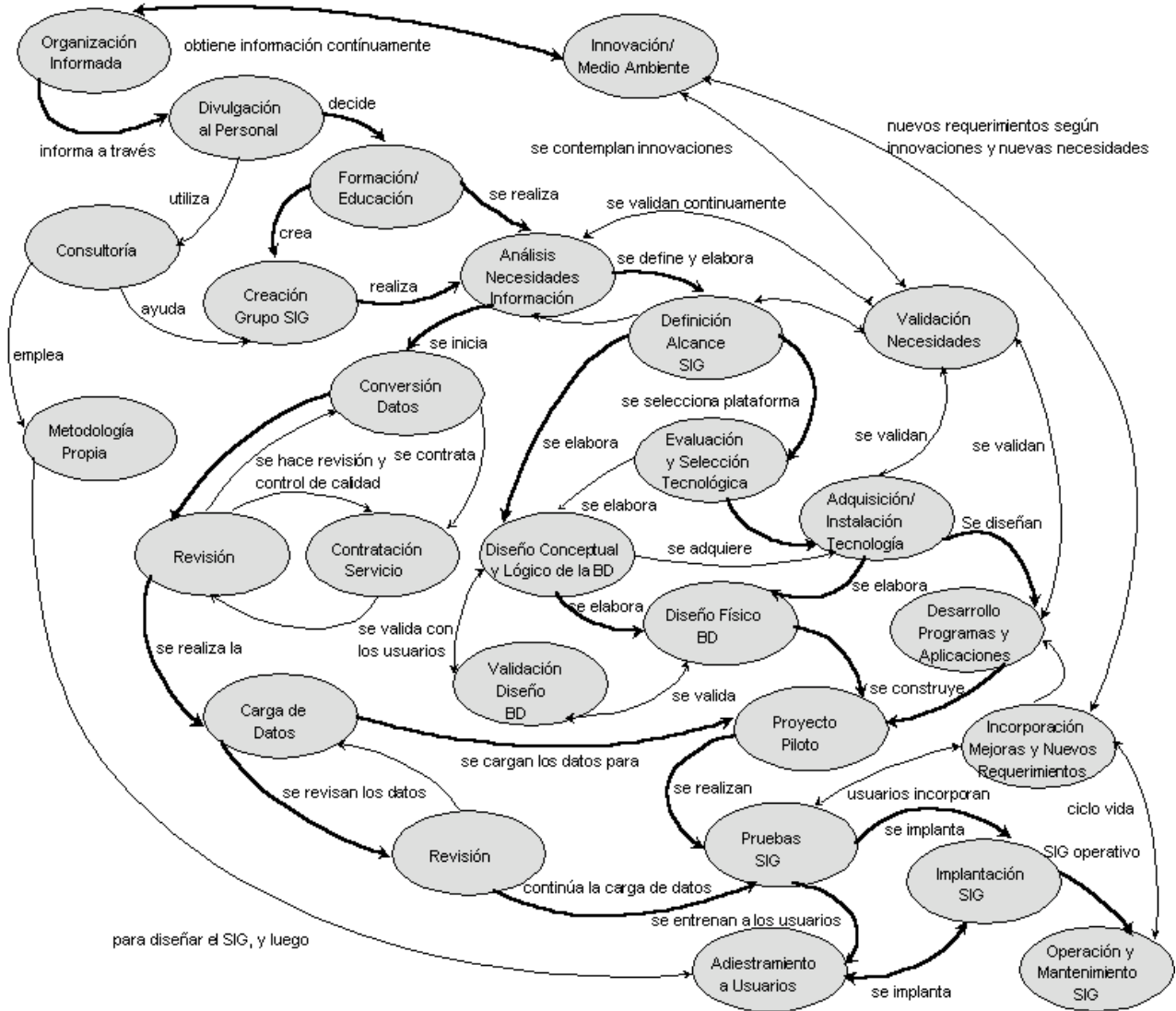
27. LAJARA, M. M. y SALINAS, J. G. S. Panorama actual del ecosistema de software libre para SIG. 2007, Disponible en: <http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre2007/comun/1pdf/12.pdf>.
28. LEO, N. D. ¿Qué es un SIG (GIS)? Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/mdt/GTS/Zonaedu/GIS7htm.htm>.
29. LETELIER, P. Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software Disponible en: <http://issi.dsic.upv.es/tallerma>.
30. LIME, S. Welcome to MapServer Disponible en: <http://mapserver.gis.umn.edu/>.
31. LINDE, J. M. M. ¿QUÉ ES UN S.I.G.? LA EXPERIENCIA DEL I.M.I. DEL AYUNTAMIENTO DE PALMA Disponible en: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=133.
32. LOCKHART, T. PostgreSQL Tutorial. 1998, Disponible en: <http://www.eskimo.com/support/PostgreSQL/tutorial/>.
33. LORENZATTO, N. A. y MACHUCA, J. H. DESARROLLO WEB CON SOFTWARE OPEN SOURCE Disponible en: <http://www.igm.gov.ar/node/164>.
34. MARGALEF, J. G. y POLO, C. P. Estudio comparativo de herramientas SIG Libres aplicadas a contextos de cooperación al desarrollo. 2007, Disponible en: http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre/uploads/file/Comunicaciones_2/8.pdf.
35. MARTÍNEZ, E. A. Metodología. Hágase la luz. 2005, Disponible en: <http://www.crisol.cc/eamftec/metodologias/Metodologias.pps>
36. MAYORAL, S. M.; PASCUAL, A. R., *et al.* ¿Qué es una IDE? 2008, Disponible en: http://www.ideo.es/show.do?to=pideep_que_es_IDEE.ES.
37. MOLPECERES, A. Procesos de desarrollo: RUP, XP y FDD. 2002, Disponible en: <http://www.willydev.net/InsiteCreation/v1.0/descargas/Articulos/General/cualxpfdrup.PDF>.
38. MONSALVE, J. J. y CARMONA, A. D. J. Sistemas de Información Geográfica Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>.
39. NETELER. Geographic Resources Analysis Support System Disponible en: <http://grass.itc.it/>.
40. NETELER, M. GRASS 6: Una guía de inicio. 2005, Disponible en: http://mpa.itc.it/markus/mum3/g63_nutshell_v1_1_es.pdf.
41. ORTIZ, R. V. O.; MUNDÓ, J., *et al.* Metodología para la Creación de Sistemas de Información Geográfica en Transporte para la Planificación y la Gestión urbana. Disponible en:

-
42. http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-30692002000200006&lng=es&nrm=iso.
43. PAZ, J. D. Desarrollo en comunidad con eXtreme Programming. 2005, Disponible en: <http://2005.guadec-es.org/download/articulos/Articulo%2005%20-%20Jose%20Dapena%20-%20Metodos%20y%20herramientas%20de%20desarrollo%20en%20comunidad.pdf>.
44. PIATTINI, M. ANALISIS Y DISEÑO DETALLADO DE APLICACIONES INFORMATICAS DE GESTION. 2007.
45. PLAZA, A. G.; JIMÉNEZ, F. B. G., et al. FASES DE UN PROYECTO SIG. Disponible en: http://www.turismo.uma.es/alumnos/arcinfo/Tema_6.html.
46. RAMSEY, P. Manual PostGIS. Disponible en: <http://postgis.refractory.net/documentation/postgis-spanish.pdf>.
47. RASTRERO, A. M.; AGUILAR, C. N., et al. Kosmo. La Plataforma SIG Libre Corporativa. 2007, Disponible en: http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre/uploads/file/Comunicaciones_2/12.pdf.
48. RODRÍGUEZ, N.; SANABRIA, R. D. M., et al. LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA 1998, Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=70001#top>.
49. RONDON, R. A. P. *SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA DE BALIZAMIENTO*. 1999, Disponible en: <http://gis.esri.com/library/userconf/latinproc99/ponencias/ponencia08.html>.
50. SÁNCHEZ, E. UNA METODOLOGÍA SISTÉMICA PARA LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS. Disponible en: <http://gis.esri.com/library/userconf/latinproc99/ponencias/ponencia13.html>.
51. SÁNCHEZ, J. P. R. Preguntas típicas sobre SIG Disponible en: <http://geologia.ujaen.es/usr/jprigol/gis.html#GISdef>.
52. SOTO, F. Metodologías Ágiles Disponible en: <http://www.itbuilder.com.mx/blogs/fabiola.soto/author/fabiola.soto.aspx>.
53. SUBIRANA, J. C. I. INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDE). DEFINICIÓN Y DESARROLLO ACTUAL EN ESPAÑA 2004, Disponible en: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-170-61.htm>.
54. WALES, U. O. N. S. Qué es Geomática? 2001, Disponible en:

55. <http://members.tripod.com/hidrografica/geomatica.htm>.
56. YAGÜEZ, J. C. D. y LANGHI, R. Sistema de Información Geográfica (S.I.G.) Disponible en:
http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/SIG/que_es_sig.htm.

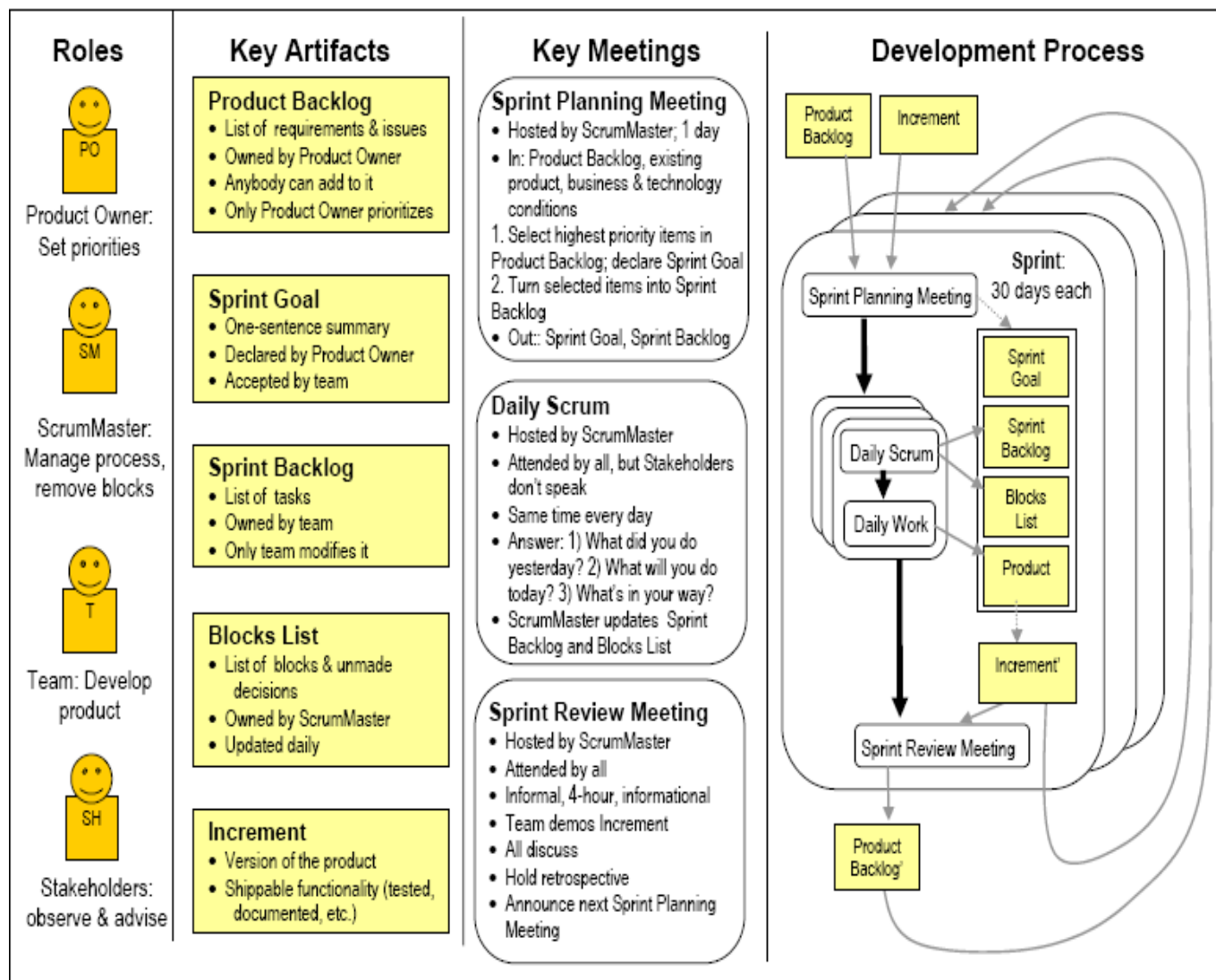
ANEXOS

Anexo 1: Metodología Sistémica Propuesta para la Implantación de SIG



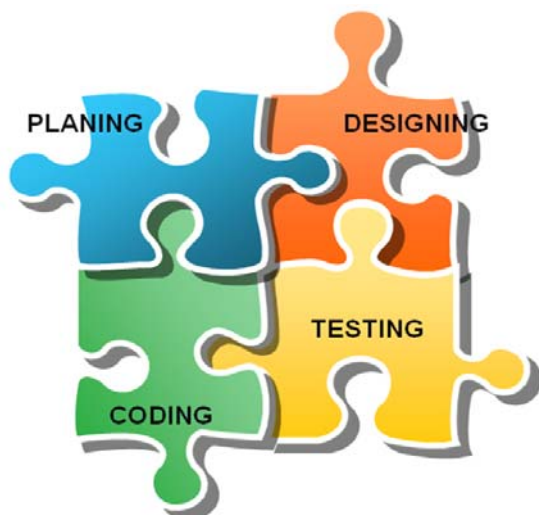
Anexo 2: Roles, artefactos, reuniones y proceso de desarrollo de SCRUM.

(Tomado de: HERNÁN, S. M. *Diseño de una metodología Ágil para el desarrollo de software.*)

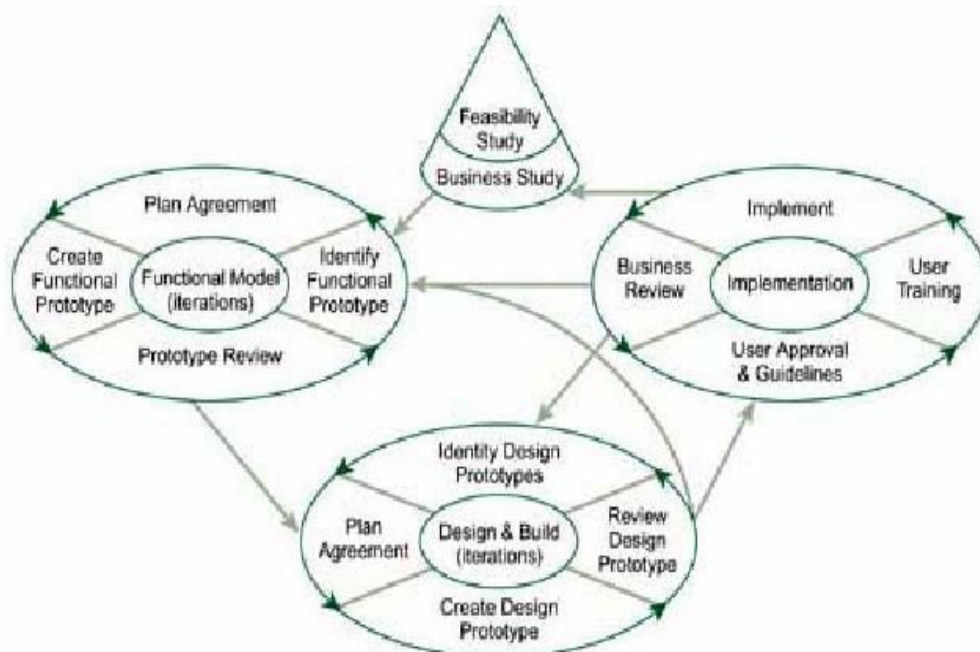


Anexo 3: Metodología Extreme Programming (XP).

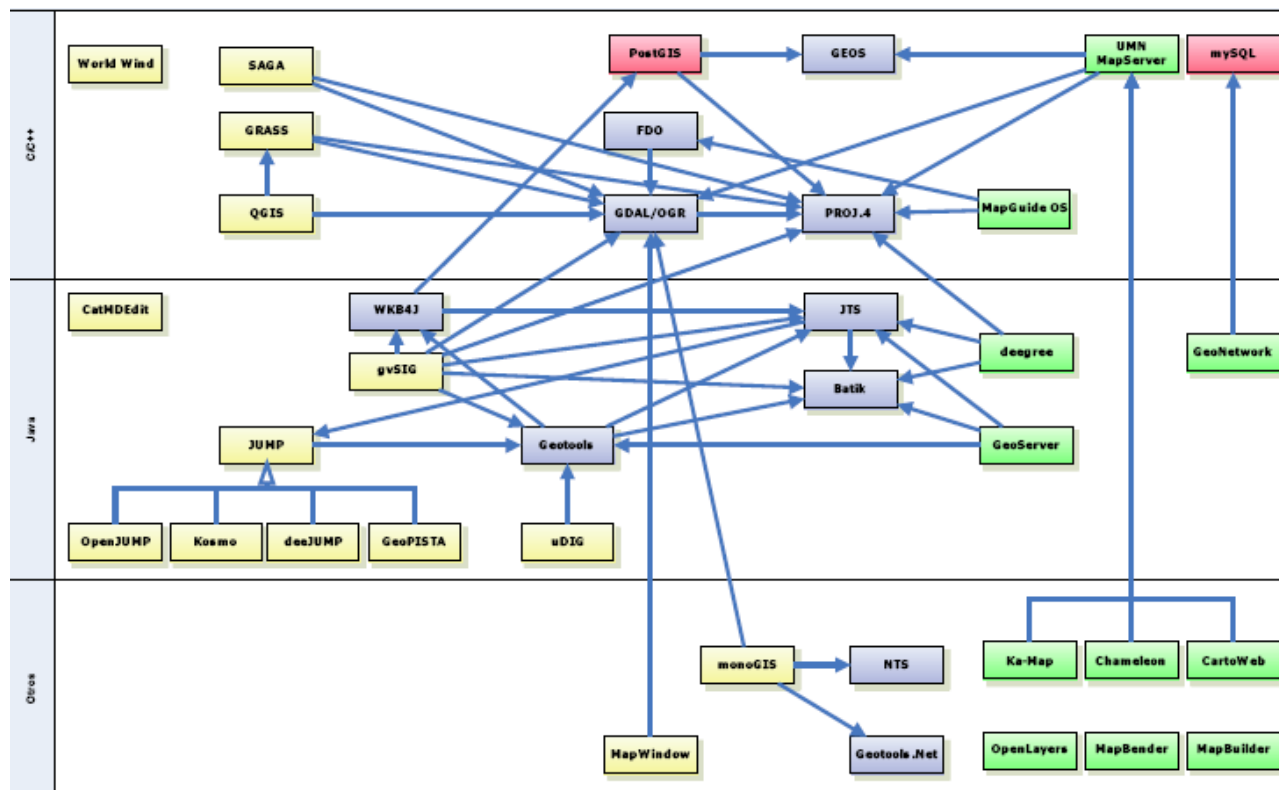
(Tomado de: Sanchez, M. A. M. *Metodologías De Desarrollo De Software*, 2004)

**Anexo 4: Fases del proceso de desarrollo de DSDM.**

(Tomado de: HERNÁN, S. M. *Diseño de una metodología Ágil para el desarrollo de software.*)

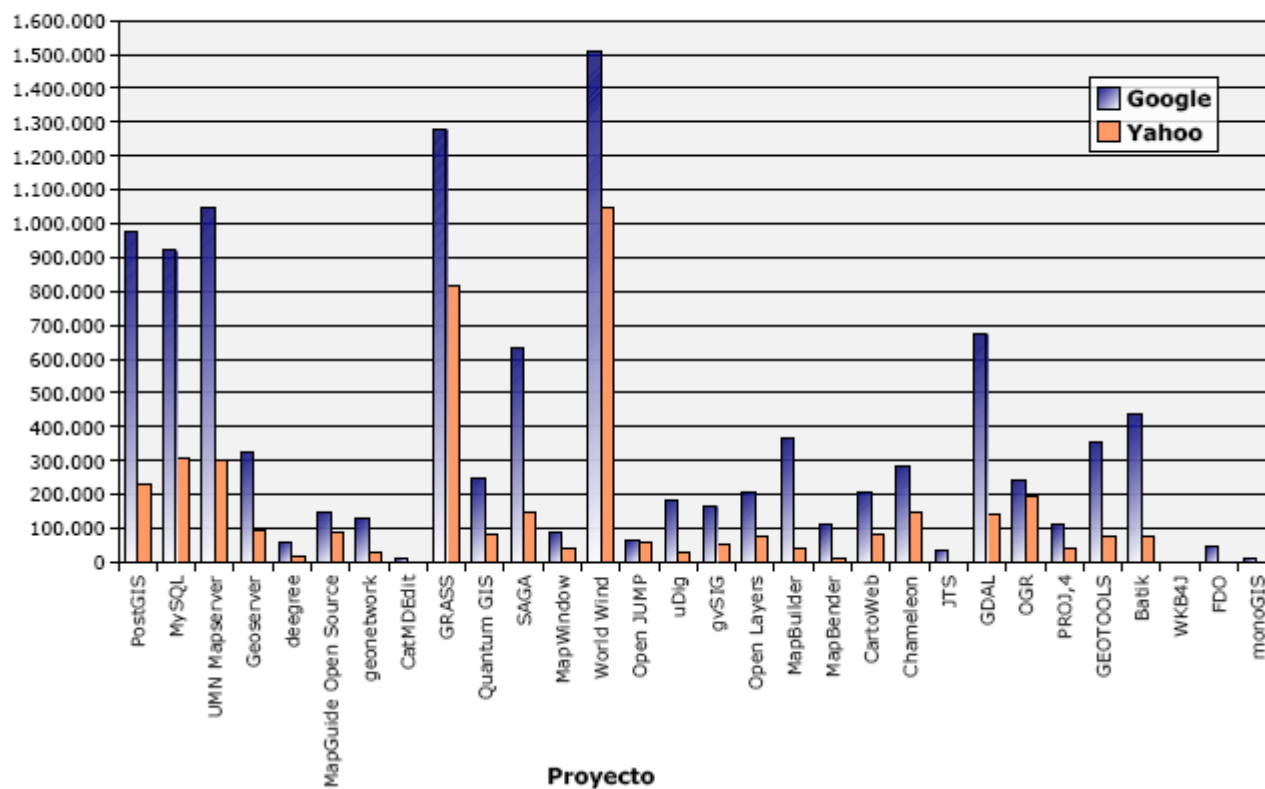


Anexo 5: Relación entre Herramientas y Tecnologías libres para el desarrollo de SIG

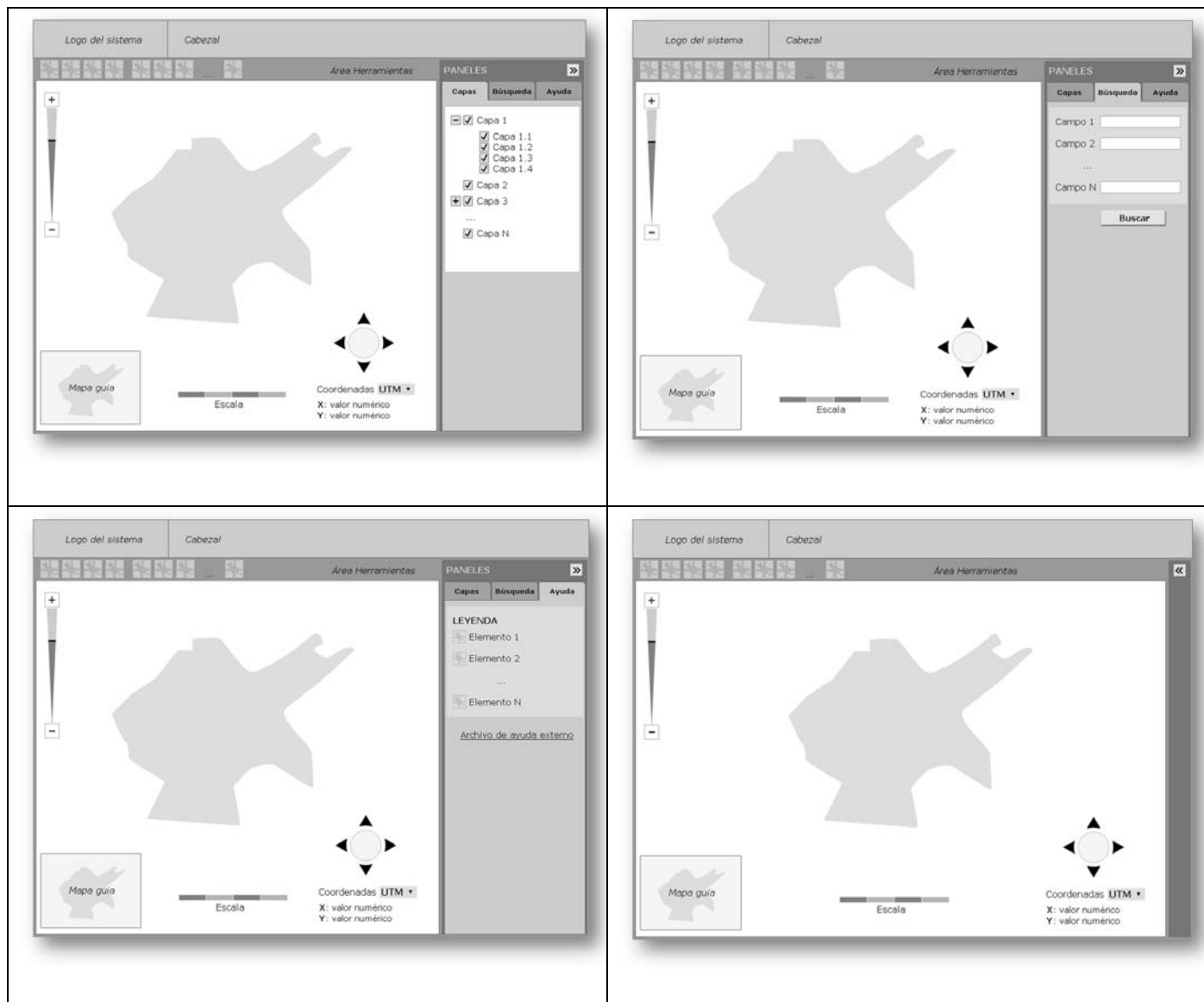


Anexo 6: Comparación entre Herramientas y Tecnologías libres para el desarrollo de SIG

Presencia en buscadores



Anexo 7: Personalizando la Plataforma SIG-WEB



Anexo 8: Soporte para el desarrollo en Software Libre



Anexo 9: Evaluación del Panel de Expertos

Compañero:

Fue seleccionado para evaluar esta investigación por sus conocimientos científicos-técnicos con relación a este tema. Usted debe responder a los criterios dando valores de 1 a 5 según su opinión acerca de la investigación realizada y la propuesta planteada. Agradecemos su colaboración.

Criterio	Calificación (1-5)
1- Criterios del método científico.	
1.1 Nivel de calidad de la Investigación.	
1.2 Aportes científicos novedosos.	
1.3 Novedad científica de la investigación.	
2- Criterios de implantación.	
2.1 Necesidad de uso de la guía metodológica.	
2.2 Satisfacción de las necesidades de la producción.	
2.3 Garantía de principios básicos de la ISW.	
3- Criterios de generalización.	
3.1 Nivel de comprensión.	
3.2 Facilidades de uso.	
3.3 Nivel de adaptación a diferentes entornos de producción	

de SW.	
4- Criterios de impacto.	
4.1 Contribución al proceso de desarrollo de SW SIG	
4.2 Contribución a la ISW.	
4.3 Posibilidades de aplicación.	

Anexo 10: Entrevista realizada a líderes de proyecto de SIG

1. ¿Cómo se lleva a cabo en la actualidad el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica que han sido solicitados a la Universidad?
2. ¿Cuáles son los principales problemas que se han detectado a la hora de desarrollar un SIG?
3. ¿Cuáles cree usted que sean las causas que provoquen estos problemas?
4. ¿Qué consecuencias ha traído para su equipo de desarrollo los problemas detectados?
5. ¿Conoce usted si existe planteada a nivel nacional o internacional alguna metodología o guía metodológica para el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica? En caso afirmativo:
 - a. ¿Ha realizado un estudio de estas metodologías?
 - b. ¿Ha podido aplicar alguna de ellas de forma íntegra en su proyecto? En caso negativo: ¿Por qué?

GLOSARIO

Arquitectura: Conjunto de decisiones significativas acerca de la organización de un sistema software. La arquitectura no solo se interesa por la estructura y el comportamiento, sino también por las restricciones y compromisos de uso, funcionalidad, funcionamiento, flexibilidad al cambio, reutilización, compresión, economía y tecnología, así como por aspectos estéticos del software.

Artefacto: Pieza de información tangible que es creada, modificada y usada por los trabajadores al realizar actividades. Un artefacto puede ser un modelo, un elemento de un modelo o un documento.

Cartografía: Arte de hacer mapas o técnica de confeccionar y representar sobre un plano todos los componentes del espacio terrestre, incluyendo las actividades y desarrollos del hombre. Técnica de representar en forma convencional parte o toda la superficie terrestre sobre un plano, utilizando para éste fin un sistema de proyección y una relación de proporcionalidad (escala) entre el terreno y el mapa

Ciclo de vida del software: Ciclo que cubre 4 fases por las que transita un software.

Cliente: Persona, organización o grupo de personas que encarga la construcción de un sistema, ya sea empezando desde cero, o mediante el refinamiento de versiones sucesivas.

Construcción: Versión ejecutable del sistema, por lo general, una parte específica del mismo. El desarrollo transcurre a través de una sucesión de construcciones.

Diseño (flujo de trabajo): Flujo de trabajo fundamental cuyo propósito principal es el de formular modelos que se centran en los requisitos no funcionales y el dominio de la solución, y que prepara para la implementación y pruebas del sistema

Escala: Representa el número de veces que se ha reducido el espacio geográfico real en el mapa. Es la fracción que representa la razón entre los valores de distancia en un mapa y su correspondencia con las distancias en el terreno (numéricamente 1:50,000). Depende del área a ser representada y el nivel de detalle requerido.

Nivel regional y nacional: requieren escalas pequeñas, que proveen pocos detalles.

Nivel local: requieren escalas grandes para proveer mayor detalle, ej. Ubicación de casos, sitios de criaderos de vectores, riesgos ambientales.

Fase: Periodo de tiempo entre dos hitos principales de un proceso de desarrollo.

Fase de construcción: Tercera fase del ciclo de vida del software, en la que el software es desarrollado a partir de una línea base de la arquitectura ejecutable, hasta el punto en el que esta listo para ser transmitido a la comunidad de usuarios.

Fase de elaboración: Segunda fase del ciclo de vida en la que se define la arquitectura.

Fase de inicio: Primera fase del ciclo de vida del software.

Fase de transición: Cuarta fase del ciclo de vida del software, en la que este es puesto en manos de la comunidad de usuarios.

Flujo de trabajo: Realización de un caso de uso o parte de él. Puede describirse en términos de diagrama de actividad, que incluye a los trabajadores participantes, las actividades que realizan y los artefactos que producen.

Dirigido por caso de uso: En el contexto del ciclo de vida del software, indica que los casos de uso se utilizan como artefacto principal para definir el comportamiento deseado para el sistema, y para comunicar este comportamiento entre las personas involucradas en el sistema.

Información Geo-referenciada: Conjunto de datos de objetos, fenómenos y eventos que se encuentran u ocurren sobre la superficie terrestre y que tienen una referencia a su ubicación geográfica mediante un sistema de coordenadas. Pueden ser ubicados en un mapa.

Implementación (flujo de trabajo): Flujo de trabajo fundamental cuyo propósito esencial es implementar el sistema en términos de componentes, es decir, código fuente, guiones, ficheros binarios, ejecutables etc.

Mapa: Es la representación de un territorio en un plano, que incluye la ubicación, características de magnitud, distribución y relaciones de los fenómenos naturales, geográficos y sociales, usando símbolos convencionales. Sus elementos principales son: proyección, ubicación, escala y orientación.

Proyecto: Esfuerzo de desarrollo para llevar un sistema a lo largo de un ciclo de vida.

Proyección: Es un método matemático que permite la transformación de la superficie curva de la Tierra en un espacio tri-dimensional a un plano bidimensional. Hay varios tipos básicos de proyección, referidos a diferentes planos de referencia: cilíndrico, cónico, y acimutal o planar.

Ordenada:

Ubicación: Se usan tres tipos de elementos gráficos para representar los objetos geográficos: puntos, líneas y polígonos. Generalmente se representan a través de geometría Euclidiana y localizados matemáticamente a través de un sistema de coordenadas Cartesianas de longitud y latitud (X, Y).

Usuario: Individuo u organización que interactúa con un sistema.