

**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS
DIRECCIÓN DE INFORMATIZACIÓN**



**Sistema de Información Geográfica de la UCI basado en
tecnología OpenSource.**



**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERÍA INFORMÁTICA**

Autor

Alexander Rodríguez Torres.

Tutor.

Ing. Luis Lamela Fung.

Consultante

MSc. Tatiana Delgado Fernández

Ciudad de la Habana, Diciembre de 2005

OPINIÓN DEL USUARIO DEL TRABAJO DE DIPLOMA.

El Trabajo de Diploma titulado “Sistema de Información Geográfica de la UCI basado en tecnología OpenSource.”, fue desarrollado 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:

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

Representante de la entidad

Cargo

Firma

Cuño

OPINIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Sistema de Información Geográfica de la UCI basado en tecnología OpenSource.

Autor: Alexander Rodríguez Torres.

El tutor del presente Trabajo de Diploma considera que durante su ejecución el estudiante mostró las cualidades que a continuación se detallan.

<Aquí el tutor debe expresar cualitativamente su opinión y medir (usando la escala: muy alta, alta, adecuada) entre otras las cualidades siguientes:

- Independencia
 - Originalidad
 - Creatividad
 - Laboriosidad
 - Responsabilidad >

< Además, debe evaluar la calidad científico-técnica del trabajo realizado (resultados y documento) y expresar su opinión sobre el valor de los resultados obtenidos (aplicación y beneficios) >

Por todo lo anteriormente expresado considero que el estudiante está apto para ejercer como Ingeniero Informático; y propongo que se le otorgue al Trabajo de Diploma la calificación de <nota>. <Además, si considera que los resultados poseen valor para ser publicados, debe expresarlo también>

Firma

Fecha

"Virtualmente, cada gran avance tecnológico en la historia de la especie humana, desde el invento de las herramientas de piedra y la domesticación del fuego, han sido éticamente ambiguos".

Carl Sagan astrónomo estadounidense 1934-1996

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mi madre que ha sido el apoyo de todos estos años, que ha soportado mis malcriadeces y a quien a pesar de que no se lo digo muy a menudo amo más que a nada en este mundo. Como quisiera tenerte aquí en estos días para sentir tu apoyo y tu confianza, pero aunque no estés cerca siento tu voz diciéndome “Adelante Ale, tu puedes”. Se la alegría que te da verme graduado y todo esto te lo dedico a ti, que me has dado más que mi vida la tuya propia, que has sido mi madre, mi padre, mi amigo, mi vida.... Te quiero mi vieja.

A mi padrastro que ha cargado conmigo todos estos años y que aunque nuestra sangre no sea la misma lo quiero como si fuera mi verdadero padre.

A mi papá que aunque estuvo ausente por algunos años nunca perdí la fe en poder contar con su cariño y su calor de padre.

A mi hermano que ya no está y que desde el cielo debe estarme observando. Te quiero hermano y aquí esta el ingeniero de la familia, ya cumplí tu deseo y no sabes cuanto te extraño y cuanto quisiera poder abrazarte y tomarme un par de cervezas contigo para celebrar este logro.

A mis familiares que me apoyaron en cada decisión y me ayudaron cada vez que hizo falta incluyo aquí a mi padrino y su familia y a mi madrina y familiares.

A mis amigos que me apoyaron durante todos estos años.

A Rafael, Lamela, Yamila Geidis y demás integrantes del proyecto, por sus consejos y ayuda.

A todos mis profesores de aquí y de la Universidad de Oriente.

A mi novia Dayana.

Y a todos los que hicieron posible la realización y cumplimiento de este objetivo.

RESUMEN

La mayoría de las universidades importantes a nivel mundial cuentan con Sistemas de Información Geográfica ya que se considera que entre el 80 y el 90 por ciento de la toma de decisiones tiene involucrada una componente geoespacial y no solo hablamos de las universidades sino de empresas, instituciones y del resto de las esferas de la sociedad.

Nuestra Universidad cuenta ya con prestigio a nivel nacional e internacional por su nivel de excelencia e informatización, donde su principal objetivo es la automatización de los procesos involucrados en el quehacer cotidiano.

De ahí que el objetivo de este trabajo consiste en desarrollar el Sistema de Información Geográfico de la Universidad de las Ciencias Informáticas basado en tecnología OpenSource y cumpliendo con las especificaciones del Consorcio OpenGis en consonancia con la política de migración al software libre en la que se ve envuelta nuestro país, dadas las ventajas de personalización, redistribución y reutilización de mejoras de desarrollo que ofrecen estas aplicaciones sobre las aplicaciones basadas en software propietario.

Con la creación de este trabajo y su puesta en vigor se verá fortalecida en un enorme porcentaje la toma de decisiones y se reducirán los costes asociados a esta. Además será una herramienta que se podrá tener en cuenta a la hora de mostrar todas las áreas del centro a los visitantes.

El presente documento recoge un exhaustivo análisis de las especificaciones internacionales acerca del tema, el estado del arte a nivel nacional y mundial, las tecnologías actuales haciéndose la selección de las más apropiadas para el desarrollo del sistema y por supuesto recomendaciones para el trabajo futuro en este proyecto que tanto para nosotros como para el país y el mundo es un tema novedoso.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
FUNDAMENTACIÓN DEL TEMA	7
1.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	7
1.1.1 <i>Conceptos básicos</i>	10
<i>Base de datos en los SIG</i>	10
<i>Tipos de Datos</i>	11
1.1.2 <i>Imágenes gráficas. Tipos de formatos</i>	12
<i>Modelo raster</i>	12
<i>Modelo vectorial</i>	14
1.1.3 <i>Información alfanumérica</i>	16
1.1.4 <i>Georeferenciación</i>	17
<i>Georeferenciación directa</i>	17
<i>Georeferenciación indirecta o discreta</i>	18
1.1.5 <i>Funcionalidades</i>	18
1.1.6 <i>Aplicaciones Prácticas</i>	19
1.1.7 <i>Beneficios y Ventajas</i>	21
1.1.8 <i>Aspectos tecnológicos</i>	22
1.1.9 <i>Mercados emergentes</i>	23
1.1.10 <i>Portales SIG</i>	24
1.1.11 <i>Estado del Arte en Software Libre para SIG</i>	24
1.2. CONCLUSIONES.....	33
TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS ACTUALES A CONSIDERAR	33
2.1 INTRODUCCIÓN.....	33
2.2 APLICACIONES WEB.....	33
2.3 SERVICIOS DE MAPAS EN WEB (WMS) [3] [7].....	34
2.3.1 <i>Arquitectura de los Servicios de Mapas en web</i>	36
2.3.2 <i>Conceptos Básicos</i>	36
2.3.3 <i>Especificación WMS 1.0</i>	37
2.3.4 <i>Arquitectura</i>	38
2.3.5 <i>Interfaces WMS</i>	38
2.4 SERVICIOS DE CARACTERÍSTICAS EN WEB (WFS) [6].....	41
2.4.1 <i>Conceptos Básicos</i>	41
2.4.1 <i>Objetos Geográficos (Geographic features)</i>	43
2.4.2 <i>Solicitudes de procesamiento</i>	43
2.4.3 <i>Especificación WFS</i>	43
2.4.4 <i>Estado del Arte de los WFS</i>	44

2.5	SERVICIOS DE COBERTURAS EN WEB (WCS) [8]	45
2.5.1	<i>Conceptos Básicos</i>	46
2.5.2	<i>Especificación de implementaciones</i>	46
2.5.3	<i>Estado del arte</i>	47
2.6	OPENGIS [13].....	48
2.6.1	<i>PostgreSQL</i>	48
2.6.2	<i>PostGis</i>	49
2.6.3	<i>Esquema conceptual</i>	49
2.6.4	<i>Definición de tablas básicas</i>	50
2.6.5	<i>Crear una tabla con datos espaciales</i>	52
2.6.6	<i>Ingresar datos espaciales</i>	53
2.7.	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN PARA LA WEB	53
2.7.1.	<i>PHP</i>	54
2.7.2.	<i>JavaScript</i>	55
2.8.	UMN MAPSERVER. [14]	56
2.8.1.	<i>Trabajo con MapServer</i>	56
2.9.	ARQUITECTURA CLIENTE/SERVIDOR DE TRES CAPAS.....	59
2.10.	PROPUESTA DE DESARROLLO.....	60
	CONCLUSIONES	61
	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	62
3.1	INTRODUCCIÓN.....	62
3.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DEL NEGOCIO PROPUESTOS.....	62
3.3	MODELO DEL DOMINIO.....	63
3.3.1	<i>Descripción del Modelo de Dominio</i>	64
3.4	ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS.....	64
3.4.1	<i>Requerimientos funcionales</i>	65
3.4.2	<i>Requerimientos no funcionales</i>	66
3.4	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO	67
3.5	MODELO DE CASOS DE USO DEL SISTEMA	68
3.5.1.	<i>Definición de los actores del sistema</i>	68
3.5.2.	<i>Casos de uso del sistema</i>	68
3.6	EXPANSIÓN DE LOS CASOS DE USO	70
	<i>Tabla.3.8. Expansión CU Realizar Cambios</i>	79
3.5.3	<i>Diagrama de casos de uso</i>	79
3.7	CONCLUSIONES.....	80
	CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	81
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	81

4.2.	MODELO DE ANÁLISIS	81
4.2.1.	<i>Diagramas de Clases de Análisis</i>	81
4.3.	DIAGRAMAS DE CLASES WEB.....	82
4.4.	MODELO DE DISEÑO.	85
4.4.1.	<i>Diagramas de Clases del Diseño</i>	85
4.4.2.	<i>Diagramas de interacción</i>	86
4.5.	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS.....	86
4.5.1.	<i>Diagramas de Clases persistentes</i>	87
4.5.2.	<i>Modelo de datos</i>	87
4.6.	PRINCIPIOS DE DISEÑO.....	88
4.6.1.	<i>Estándares de la interfaz de la aplicación</i>	88
4.6.2.	<i>Concepción General de la ayuda</i>	89
4.6.3.	<i>Tratamiento de errores</i>	90
4.7.	MODELO DE DESPLIEGUE.	90
4.8.	MODELO DE IMPLEMENTACIÓN.....	90
4.9.	CONCLUSIONES.....	91
	CONCLUSIONES GENERALES	92
	RECOMENDACIONES.....	93
	GLOSARIO DE TÉRMINOS	94
	BIBLIOGRAFÍA	95
	ANEXOS	98

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información se han convertido en herramientas muy efectivas de la ingeniería y de las ciencias básicas. El desarrollo vertiginoso del mundo de la informática ha permitido la creación de numerosos programas con aplicación específica y en los cuales se ve contenido todo el conocimiento y el estado del arte en las diferentes áreas del saber. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG, o las siglas del término en inglés GIS) son prueba de este progreso.

Los SIG son un tipo especializado de sistemas que se distinguen por su capacidad de manejar información espacialmente referenciada y que permiten además su representación gráfica.

Se dice que son herramientas, porque ayudan a la formación de elementos de juicio para la toma de decisiones luego de que se han aprovechado sus funciones de captura, almacenamiento, refinamiento, análisis y visualización de la información.

Los Sistemas de Información Geográficas son aplicaciones informáticas, capaces de manejar información relacionada generalmente con coordenadas de longitud y latitud, representando o simulando una realidad, generalmente se asocia a esta información bases de datos, permitiendo analizar y visualizar la relación entre mapas y datos. Añadiendo de esta manera una nueva perspectiva para el estudio y toma de decisiones de problemas relacionados con la información geográfica.

Posiblemente el componente más importante de un GIS son los datos. Un GIS integrará datos espaciales con otros datos y puede entonces usar un sistema de manejo de bases de datos (DBMS por sus siglas en inglés), usándolo para una mejor organización y mantenimiento de estos datos, manejar los datos espaciales.

Las bases de datos se utilizan normalmente para almacenar una variedad de información dependiendo del dominio de la aplicación elegida. Los datos necesitan a menudo ser periódicamente actualizados tanto dentro de su estructura y valor, como de los cambios en el dominio de la aplicación.

Naturalmente los SIG se utilizan tal como hemos indicado anteriormente para analizar datos geográficos, y ayudar a encontrar soluciones a los problemas que día a día se pueden plantear tanto instituciones públicas como empresas. Así por ejemplo, hoy en día con los SIG se puede controlar la red de agua, la de alcantarillado, conocer la ubicación espacial de las farolas, conocer las parcelas urbanas y rústicas así como las características de éstas, tales como ubicación, dimensión, propietario, etc., para el caso de nuestra universidad podemos saber la ubicación de un edificio, la distancia entre dos puntos, etc. como se observa los ejemplos pueden ser muy diversos.

Evidentemente para incorporar un SIG a los procesos de gestión es indispensable contar con personal cualificado, que se encargará de mantener actualizado tanto la parte gráfica del SIG como las bases de datos. Sin personal especializado es casi imposible mantener este sistema, ya que se desfasarían los datos y la información resultante sería obsoleta y carente de valor.

La **necesidad de nuestro tema de investigación** está dada porque previo a la disponibilidad de la tecnología SIG, la forma en que se tomaban decisiones (ejemplo: cual era el mejor lugar para ubicar un nuevo edificio o un área recreativa), no siempre era la más adecuada. Se confiaba en mapas tradicionales y en tablas estadísticas impresas. Estos mapas y registros se mantenían generalmente en departamentos o sectores aislados dentro de una cierta organización, perdiendo tiempo, duplicando esfuerzos e inevitablemente produciendo resultados erróneos. Mapas, tablas y cartografía eran difíciles de mantener actualizados, ni siquiera con los mejores mapas, tablas o cartas, se podía imaginar cómo eran realmente las cosas, cuales las mejores opciones de localización, y cual la decisión que se debía tomar. El resultado eran decisiones basadas en información pobre, y solucionando sólo parte del problema o simplemente realizando una mala planificación. Todas las alternativas no podían ser tenidas en cuenta ya que no podían ser visualizadas en conjunto. Adicionalmente, las alternativas que se consideraban eran generalmente basadas en datos incompletos. Era como si la gente mirara al mundo a través de un lente rayado, distorsionando de esta forma la realidad.

Existen a nivel mundial varias experiencias en el trabajo con los SIG, en dichas experiencias tiene su **fundamentación teórica** el presente trabajo. La **Tabla I** resume algunos de los más importantes escenarios de aplicación.

Beneficiario	Beneficios potenciales
Proveedores de datos geoespaciales	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorro económico en la colección de datos - Costos de operación reducidos - Obtención de nuevos clientes (nacionales e internacionales) - Reutilización de datos (reutilización vs. recolección o conversión) - Reutilización de herramientas comunes y servicios - Publicidad
Usuario genérico (incluye ciudadano)	<ul style="list-style-type: none"> - Trámites y servicios a la población sensibles a la ubicación. - Entretenimiento: Viajes virtuales. - Aplicaciones de salud. - Búsqueda de caminos para múltiples aplicaciones - Control de tráfico y navegación electrónica sobre mapas interactivos.
Empresa	<ul style="list-style-type: none"> - Comercio electrónico: Venta de servicios incluyendo análisis geográfico de cercanía, etc. - Cadenas de suministro: Control de oficinas, suministradores y distribuidores dispersos geográficamente. - Sistemas de Planificación de Recursos de Empresas. - Geomarketing. - Planificación, Operaciones y Mantenimiento para industrias dependientes espacialmente. - Distribución mediante Sistemas de Información Geográfica. - Agricultura de precisión: Servicios geoespaciales disponibles en la red le brindan a los agricultores reportes del estado y la salud de los cultivos.

<p>Gobierno</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gobierno electrónico: La dimensión geográfica es vital para la toma de decisiones del gobierno - Manejo de desastres: Una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) puede proveer y combinar toda la información geoespacial necesaria para la toma de decisión en caso de catástrofes y desastres naturales. - Defensa. - Manejo Ambiental. - Salud Pública: Control epidemiológico. Estadísticas de salud. - Estadísticas nacionales combinadas con mapas en línea, incluyendo Censos de Población y Vivienda. - Servicios de Información Municipal: Se ofrecen nuevos servicios Web para el ciudadano y el Gobierno que permiten interactuar con los recursos o servicios municipales. - Investigación: Permite enfrentar investigaciones orientadas a problemas que involucran la componente geoespacial.
-----------------	--

Tabla.I Relación de beneficios potenciales por clasificación de beneficiarios de sistemas de información geográfica.

A nivel nacional, desde hace algunos años se trabaja en la creación de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba (IDERC), cuya visión es compartir la información geográfica en un ambiente cooperativo interinstitucional en función de la toma de decisiones económicas, políticas, ambientales, etc. El Portal Geoespacial Nacional, producto de esta iniciativa, fue lanzado con carácter experimental en Noviembre de 2004. A pesar de portar los servicios básicos de tales infraestructuras, la IDERC no contempla aún servicios que permitan la modelación tridimensional del terreno y una navegación virtual que posibilite nuevas dimensiones a aplicaciones que requieran este tipo de escenario tanto en ambientes rurales (con capas de vegetación u otras propiedades físicas representadas sobre dichos modelos) como en ambientes urbanos (ciudades digitales). (Delgado, 2005)

La Universidad de las Ciencias Informáticas y la sociedad cubana en sentido general carecen de aplicaciones de sistemas de información geográfica, capaces de generar mapas a partir de información básica, alojadas en un servidor dispuesto para esta tarea. Esto se convierte en un

problema ya que imposibilita tener una idea, lo más exacta posible, de la disposición de los recursos; así como de navegar por las diferentes áreas de la universidad.

Además se necesita un sistema que sea capaz de mostrar toda esta información para tener una mejor idea de lo antes expuesto y que pueda aportar nuevas experiencias en el desarrollo de la realidad virtual.

El sistema debe permitir la posibilidad de adicionar mapas de las diferentes áreas del país, con el fin de que el mismo pueda ser utilizado por diferentes centros de cualquier tipo, existentes en Cuba, y que permita ubicar su información con carácter confidencial.

A pesar de que el tema de los sistemas de información geográfica como ya hemos dicho es muy actual ya en nuestro país hay **antecedentes** de algunos trabajos al respecto; existe en estos momentos el [Portal Geoespacial Nacional](#) que es un punto de acceso nacional a la información geográfica disponible en la Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba (IDERC). En este mismo sitio podemos encontrar el diccionario geográfico accesible mediante mapas interactivos y los Mapas de Población del Anuario Estadístico de Cuba editado en el 2003.

Existe también un Sistema de Información Geográfico desarrollado por el Grupo de desarrollo de Manicaragua que pertenece a la División de la Empresa GeoCuba para ubicar las averías telefónicas en la Ciudad de La Habana. Este es un SIG basado en software propietario.

En un momento en el que se está demostrando que el software libre es una alternativa real al software propietario, se pretende recopilar y canalizar los esfuerzos para contar con Sistemas de Información Geográfica libres. Este hecho puede contribuir a la normalización e inclusión de información geográfica como un estándar dentro de la corriente general de los sistemas de información. Un **problema de investigación que no estaba resuelto en anteriores trabajos** a nivel nacional es precisamente este, ya que solo se cuenta en estos momentos con SIG propietarios.

Los productos SIG tradicionales, es decir, basados en software propietario y en política de licencias, tienen claras desventajas frente al software libre:

- Son productos caros, de los que se suele utilizar solo un porcentaje bajo de la funcionalidad que ofrecen
- La personalización es limitada; siempre se llega a un punto en el que no se tiene acceso al código fuente y no puede ser cambiado
- No se puede redistribuir el producto, siendo necesario pagar cánones solo para que más usuarios puedan acceder al sistema.

Frente a esto, el software libre proporciona una serie de ventajas:

- Libertad de distribución: es posible redistribuir el software y copiarlo tantas veces como se desee.
- Libertad de modificación: al tener acceso al código fuente, es posible modificarlo y adaptarlo a las necesidades de cada uno
- Reaprovechamiento de desarrollos: cuando alguien mejora un producto, si libera su código, es posible reaprovechar ese desarrollo a nuestro favor.

La modularidad de los diferentes proyectos de SIG libre permite la inclusión de la componente geográfica en cualquier sistema, y la creación de aplicaciones que proporcionen a cada usuario la funcionalidad que necesita.

El **objetivo general** de este proyecto es desarrollar un SIG basado en páginas web para mostrar información geográfica.

En orden de lograr el objetivo general, se plantearon los siguientes **objetivos específicos**:

- Hacer un análisis exhaustivo de la Especificaciones para la implementación de un Servicio de Mapas en Web que define el OpenGIS® Consortium Inc. (OGC).
- Diseñar y desarrollar un SIG en una aplicación cliente que muestre información geográfica.
- Crear un módulo de administración para el SIG o al menos marcar las pautas para su creación futura.

Este documento está estructurado en 5 capítulos:

En el **Capítulo 1** se realiza un exhaustivo estudio de los principales conceptos referentes a los sistemas de información geográfica dada la actualidad que rodea este tema y el poco conocimiento que acerca de él se tiene, se brinda un panorama o estado del arte a nivel mundial y nacional de los sistemas y proyectos que existen o están vinculados con el trabajo.

En el **Capítulo 2** se seleccionan y describen las tecnologías a utilizar en el desarrollo de la propuesta, seleccionan las mejores propuestas para el trabajo, y se explican los conceptos principales que se van a tratar a lo largo del trabajo.

El **Capítulo 3** hace una descripción del negocio a través de un Modelo de Dominio y se lleva a cabo un análisis del sistema que queremos llevar a cabo. Son definidas las más importantes funcionalidades y descritas mediante las herramientas pertinentes.

Durante el **Capítulo 4** se describen como será construida la solución que se ha propuesto, se modelan los diagramas de clases web, se plantea el modelo de datos, y se especifican los principios para el diseño gráfico y la implementación.



CAPÍTULO

FUNDAMENTACIÓN DEL TEMA.

1.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Un SIG se define (Aronoff, 87) como “un sistema computacional para la entrada; manejo (almacenamiento y recuperación de información); manipulación, análisis; y representación de datos geográficos”. Actualmente, nuevas modificaciones a estos conceptos clásicos de SIG se han producido para destacar el papel de la disseminación de los datos como una función ineludible de los sistemas de información geográfica en ambientes distribuidos en redes de datos, especialmente en el entorno WWW (World Wide Web). Los SIG orientados a

comunidades y a la sociedad requieren un grupo de estándares, disposiciones legales, organizativas, financieras y de recursos humanos, que posibiliten el acceso a los datos espaciales desde diversas fuentes.

La actual tecnología geoespacial permite consultar servidores de datos de Internet desde puestos remotos y extraer sólo la información específica requerida. No es necesario preocuparse por los diferentes formatos de datos y por su conversión, gracias a una arquitectura abierta en virtud de la cual los servidores de datos pueden manipular los mismos en su formato nativo (Delgado, 2005).

Estudios recientes demuestran que alrededor del 80% de la información tratada por las empresas e instituciones oficiales tienen relación con localizaciones geográficas o coordenadas espaciales, y el 60% de esta información es usada por varios departamentos. Las decisiones que toman estos organismos dependen en gran medida de la calidad, exactitud y actualidad de la información, a menudo presentada en forma de mapas.

Los Sistemas de Información Geográfica son sistemas basados en ordenador que se usan para almacenar y manipular información geográfica. Esta tecnología se ha desarrollado tan rápidamente en las dos décadas pasadas que ya es aceptado como una herramienta esencial para el uso efectivo de dicha información.

La reciente y amplia introducción de los SIG ha creado una repentina necesidad para usuarios de información geográfica de conocer esta tecnología. Los directivos de los organismos públicos y privados están siendo instados a tomar decisiones sobre la introducción de la tecnología SIG y establecer directrices para su uso. Se solicita a los políticos que soporten caros programas para convertir datos de mapas a formato digital para el uso del SIG. Los estudiantes y educadores que usan información geográfica están ganando acceso a la tecnología SIG que puede ser usada para incrementar la profundidad y amplitud de sus análisis.

Un SIG está diseñado para la colección, almacenamiento y análisis de objetos y fenómenos donde la localización geográfica es una característica importante o crítica para el análisis. Por ejemplo, la localización de una empresa, una reserva de la naturaleza o los lugares donde la

erosión del suelo es más severa son consideraciones clave usando esta información. En cada caso, qué es y dónde está debe tenerse en cuenta.

Mientras gestionar y analizar datos que están referidos a una localización geográfica son funciones clave en un SIG, el poder del sistema es más aparente cuando la cantidad de datos implicados es demasiado grande para poder ser manejada manualmente. Puede haber cientos o miles de entidades a considerar, o cientos de factores asociados con cada entidad o lugar. Estos datos pueden existir como mapas, tablas de datos, o incluso como listas de nombres y direcciones. Volúmenes de datos tan grandes no son gestionados eficientemente usando métodos manuales. Sin embargo, cuando estos datos se han introducido a un SIG, pueden ser fácilmente manipulados y analizados en formas que serían demasiado costosas - en tiempo o dinero - o prácticamente imposibles de hacer usando métodos manuales.

El número y tipo de aplicaciones y análisis que pueden realizarse por un SIG son tan amplias y diversas como los conjuntos de datos geográficos disponibles.

A pesar del poder analítico de esta tecnología, un SIG, como cualquier otro sistema, no existe y no puede existir por sí mismo; debe existir en un contexto. Debe haber una organización de personal y equipamiento responsable para la implementación y mantenimiento del SIG. Además, la organización, como cualquier otra, debe tener un objeto - una razón para existir - y los recursos para satisfacerlo. Sin el contexto de la organización, no estará claro porqué se ha hecho el considerable gasto de implementar un SIG, quién debería controlarlo, y como se debería juzgar su éxito o su fracaso.

En última instancia, un SIG se usa para producir información que necesita un usuario o cliente. El cliente puede ser una persona o un grupo de personas. Pueden ser el público o representantes de una organización dentro del gobierno o de una industria. Lo más importante es que la información requerida por el cliente da el contexto fundamental en el cual el SIG debería funcionar. Para que sea útil al cliente, la información debe ser de la clase y calidad correcta, presentada en un formato apropiado para que el cliente la use, y disponible en poco tiempo. La información en un SIG se presenta de dos formatos básicos: mapas y tablas. Por ejemplo, un mapa puede mostrar donde se encuentra un edificio, la longitud que hay entre una manzana de edificios y otra. Al final, el rendimiento de un SIG se juzga por aquellos que usarán la información que produce: el cliente

Como resultado en el contexto en el cual un SIG opera, introducirlo es una tarea mucho más compleja que añadir una nueva máquina a la oficina. El SIG cambiará fundamentalmente la forma en la que la información fluye dentro de la organización y entre organizaciones. Este cambio es más de organización que técnico. Un SIG puede producir información mucho más rápidamente, conseguir mayor estandarización de los mapas, y mantener los datos más actualizados que como se hacía previamente. Pero, más fundamentales a la organización son las cuestiones de quién tiene el acceso a la información, y qué poder ejercitan estas personas en su análisis y distribución.

En sí mismos, estos cambios en la organización no son buenos ni malos. Si los cambios están anticipados, entonces pueden introducirse los convenientes controles de seguridad de la información. Aquí está el desafío. Para que un SIG resuelva las necesidades de una organización, los flujos de información dentro de la organización deben ser específicamente definidos. Muchos de los más importantes flujos de información se realizan a través de redes informales.

1.1.1 Conceptos básicos

Base de datos en los SIG

Un aspecto fundamental dentro de los SIG es la forma de almacenar la información. Si bien en el inicio de estos sistemas era habitual que la gestión de esta información se realizara mediante programas propios, la tendencia actual es la de desligar el producto SIG del gestor de la base de datos utilizado, de forma que sea posible utilizar cualquiera de los productos que para este fin existen en el mercado.

Las bases de datos de los SIG contienen datos gráficos y alfanuméricos, integrados para formar una completa fuente de información. La exactitud y el nivel de resolución son elementos importantes en el desarrollo de una base de datos de un SIG, y vienen determinados por el uso al que vaya destinado el sistema. Así, un SIG diseñado para aplicaciones de ingeniería requerirá, en general, un alto nivel de exactitud y una gran resolución. Sin embargo, sistemas pensados para planificaciones o análisis parcelarios no requieren ese alto nivel de exactitud y detalle, sobre todo teniendo en cuenta que el precio de una base de datos gráfica aumenta exponencialmente cuando se incrementa el nivel de resolución. Ambos aspectos, coste y nivel de detalle, deben ser analizados cuidadosamente con objeto de optimizar el diseño de una base de datos para un Sistema de Información Geográfica.

Tipos de Datos

Los datos en un Sistema de Información Geográfica pueden ser clasificados en: gráficos y alfanuméricos. Cada uno de ellos tiene características específicas y diferentes requisitos para su eficaz almacenamiento, proceso y representación.

Los datos gráficos son descripciones digitales de las entidades del plano. Suelen incluir las coordenadas, reglas y símbolos que definen los elementos cartográficos en un mapa. El SIG utiliza esos datos para generar un mapa o representación gráfica en una pantalla de ordenador o bien sobre papel. Para la representación de datos gráficos se utilizan tres tipos básicos de entidades:

Nodos o puntos: Es un objeto sin dimensiones que representa una unión topológica o un punto terminal y que especifica una localización geométrica; en cualquier caso, se trata de la entidad básica para representar entidades con posición pero sin dimensión (al menos a la escala escogida). En el formato vectorial se les denomina puntos.

Líneas:(o arcos). Son objetos de una dimensión definidos por un nodo inicio y un nodo fin.

Polígonos: (o áreas). Son objetos limitados y continuos de dos dimensiones.

Los datos alfanuméricos son descripciones de las características de las entidades gráficas. Generalmente son almacenados en formatos convencionales para este tipo de información, si bien se están comenzando a utilizar junto con los sistemas de información geográfica sistemas de gestión documental, que gestionan estos datos como imágenes gráficas en formato raster. La información alfanumérica y gráfica se encuentra completamente integrada, siendo esta integración, junto con la capacidad de gestión de ambos tipos de datos, lo que caracteriza a los Sistemas de Información Geográfica.

Para representar el mundo real en datos espaciales debemos hacer un proceso de abstracción. Las entidades del mundo real pueden ser abstraídas de diferentes formas, por ejemplo, como puntos, líneas, áreas (abstracción geométrica o cartográfica) o como imágenes (por ejemplo, fotografías) o como etiquetas (por ejemplo una dirección). Así, un objeto del mundo real como puede ser un río, para incorporarlo a nuestro SIG lo abstraemos en una línea, por ejemplo.

Las abstracciones de los objetos del mundo real ahora deben ser representadas. Estas representaciones pueden ser en formato vectorial, formato raster, como entidades topológicas (nodos, polígonos...), por símbolos o por textos. Por último señalar una de las características más significativas de las entidades de datos espaciales, las relaciones existentes entre las mismas. Las más importantes son:

Relaciones topológicas: Se refiere a la posición relativa de dos o más entidades, por ejemplo, la posición relativa de dos casas. Estas relaciones pueden estar directamente en los datos o ser deducidas a partir de la proximidad, solapamiento, etc.

Clasificación: Consiste en clasificar los objetos del mundo real en distintas clases o categorías, por ejemplo, la capa de transporte que comprende autopistas, carreteras, etc.

Agregación: Los objetos del mundo real pueden ser definidos como composición o agregación de otros objetos, por ejemplo un colegio se puede considerar como la agregación de edificios, campos de juego, carreteras, etc.

Asociación: Es similar a las relaciones topológicas, ya que tiene gran importancia la posición. Un ejemplo puede ser la asociación entre un edificio y la calle más cercana.

1.1.2 Imágenes gráficas. Tipos de formatos

Las imágenes gráficas pueden ser almacenadas en formato raster (cada línea se define por todos sus puntos intermedios, siendo almacenados todos ellos) o en formato vectorial (cada línea queda definida por un punto inicial y un punto final (o punto y vector) siendo éstos los únicos puntos que se almacenan).

Modelo raster

En el modelo raster el espacio es discretizado en pequeños rectángulos o cuadrados, de forma que el tamaño que tienen estos elementos es fundamental y determina la resolución. Utiliza una única primitiva muy similar al punto, el píxel, contracción de las palabras inglesas: picture element. Una malla de puntos de forma cuadrada o rectangular que contiene valores numéricos representa las entidades cartográficas y sus atributos a la vez. Los modelos lógicos menos complejos son los basados en el modelo conceptual raster, en buena medida porque la geo-referenciación y la topología son implícitas a la posición - columna y fila - del píxel en la malla. Cada atributo temático es almacenado en una capa propia. La separación entre datos

cartográficos y datos temáticos no existe, pues cada capa representa un único tema y cada celda contiene un único dato numérico. La malla de píxeles puede ser regular o también irregular en el caso de los modelos quadtree y octree.

La precisión de la geo-referenciación en el modelo raster está sesgada conceptualmente por la porción del territorio que representa el píxel, la cual es la unidad de medida lineal y superficial mínima del sistema. Además a veces no se especifica como está geo-referenciada la celda, respecto a su ángulo superior izquierdo o a su ángulo inferior izquierdo o respecto a su centro. El modelo conceptual raster tiene serias limitaciones conceptuales en la precisión de la referenciación, con un margen de error equivalente a la mitad de la base y de la altura del píxel.

Para emular la precisión del sistema vectorial, el sistema raster necesita mucho mas espacio de almacenamiento de datos. El almacenamiento interno de la información asociada a cada capa es un aspecto de la mayor relevancia, buscándose un compromiso entre varios requisitos que están normalmente en competencia:

- El volumen de almacenamiento necesario que se pretende minimizar. Para esto existen dos métodos:

Run-length encoding: Se basa en que los objetos frecuentemente se extienden sobre áreas mayores que un único píxel, así este método en lugar de guardar los valores de cada uno de los píxeles, agrupa las filas de una matriz raster en bloques con idéntico valor. Por ejemplo, si los valores de una fila de píxeles que representan una imagen en blanco y negro fueran "000011100", usando este método se guardarían como "403120".

Quadtrees: Uno de las técnicas más utilizadas consiste en dividir un mapa en una estructura jerárquica basada en el principio de descomposición recursiva del espacio en cuadrantes, resultando en una determinada estructura de árbol. Se emplea con el objeto de reducir espacio de almacenamiento y el tiempo de procesamiento de los datos gráficos en los formatos raster. Cuando la descomposición es en octantes, el modelo se denomina Odree.

- La eficiencia de acceso a la información que debe maximizarse

Los tiempos de respuesta requeridos en las operaciones efectuadas sobre dicha información (en general, operaciones de composición de capas).

El modelo raster tiene una organización muy simple de los datos, lo cual permite realizar con gran facilidad ciertos procesos de análisis, como por ejemplo la superposición de planos, muy fácil de programar mediante operaciones con matrices, esta operación computacionalmente muy costosa cuando los temas están en formato vectorial, se realizan muy rápidamente y automáticamente si los temas son raster, pero el resultado estará afectado de un error debido a la discretización. Sus gráficos, aunque deficientes, se pueden realizar con dispositivos baratos, como por ejemplo una impresora matricial. Sus inconvenientes son el gran volumen de almacenamiento que requiere, la baja calidad de las representaciones gráficas y la dificultad de realizar análisis complejos sobre los gráficos así almacenados. Por último, el modelo raster no reconoce explícitamente la existencia de objetos geográficos, y por tanto, en las aplicaciones en que sea esencial su empleo, este modelo no podrá ser utilizado.

Modelo vectorial

El modelo vectorial se basa en tres primitivas básicas:

El **nodo** o **punto**: es la unidad básica para representar entidades con posición pero sin dimensión (al menos a la escala escogida) la **línea** o el **arco**: representa entidades de una dimensión y está restringido a línea recta en algunas implementaciones el **polígono** o **área**: se utiliza para representar las entidades bidimensionales.

Algunos autores añaden una cuarta, el volumen. Entre ellas existen una serie de relaciones tales como que una línea se define por dos o más puntos (nodos), o un área está limitada por una serie de líneas, lo cual constituye una mínima definición topológica.

Normalmente se almacenan relaciones del tipo:

- Nodo origen, nodo final de arco y relación ordenada de los nodos internos si existieran
- Secuencia ordenada de los arcos que definen un polígono
- Polígonos a la derecha y a la izquierda de cada arco.

El detalle con el que se almacenan las relaciones es un compromiso entre la eficiencia del proceso y la modelización precisa de la realidad. Los procedimientos de análisis en este modelo son más laboriosos, pero más precisos que en el modelo raster, ya que conllevan la

resolución analítica de intersecciones entre arcos, la determinación de áreas y la evaluación de posiciones relativas entre elementos diferentes (punto/polígono, punto/línea, etc.)

La posición de los datos puede ser georeferenciada directamente, por medio de un sistema de coordenadas, o indirectamente, utilizando por ejemplo la dirección postal, en ambos casos la solución es muy eficaz. Los atributos no espaciales son almacenados en una base de datos alfanuméricos interrelacionada con la base de datos cartográficos, ofreciendo con ello posibilidades muy distintas de las del modelo raster. Las interrelaciones topológicas se explicitan hasta el último detalle y con gran sofisticación. En el caso vectorial, no hay ninguna limitación conceptual en la precisión de la georeferenciación, hay únicamente una limitación matemática y física de dígitos del hardware, en los casos de la precisión simple y doble. Esta limitación no existe en los ordenadores basados en numeración de coma flotante.

Éste modelo es mucho más parecido a la percepción humana del espacio que la que ofrecen los modelos raster y en parte por ello tiene más variantes y más dificultades añadidas.

Está más de acuerdo con la cartografía tradicional y, por ello, resulta más intuitiva. Pero la principal ventaja de este modelo respecto del modelo raster es su capacidad para expresar las relaciones espaciales existentes entre las entidades, esto es, la información topológica, que es la que dota al modelo de la semántica necesaria para representar el conocimiento territorial.

Históricamente se han diferenciado SIG vectoriales y raster. Actualmente los principales SIG combinan ambos tipos de estructuras. El debate raster/vectorial ha evolucionado de la cuestión "¿cual es mejor? " a la cuestión " ¿bajo que condiciones es mejor uno que otro, y cómo podemos combinarlos de manera flexible?"

Recomendaciones:

- Usar el formato vectorial para la realización de gráficos y mapas precisos.
- Usar el formato vectorial para análisis de redes (cableados eléctricos y telefónicos, rutas de transporte, etc.)
- Para la superposición y combinación de planos es más rápido y menos costoso el modelo raster
- Usar el método raster cuando se trabaja con representaciones y simulaciones de superficies

- Utilizar el formato raster y vectorial en combinación cuando es necesario representar líneas con precisión (vectorial) y superficies rellenas (raster)
- Disponer de algoritmos de conversión de vectorial-raster y viceversa.
- Recordar que se pueden editar simultáneamente datos raster y vectoriales.

1.1.3 Información alfanumérica

Mediante la información alfanumérica se describen las características de las entidades gráficas. En una base de datos de un SIG podremos encontrar dos tipos de información alfanumérica:

Atributos alfanuméricos. Proporcionan información descriptiva sobre las características de las entidades gráficas. Se relacionan con dichas entidades a través de identificadores comunes que se almacenan tanto en el registro alfanumérico como en el gráfico. Un SIG debe ser capaz de realizar consultas o análisis sobre los atributos alfanuméricos de forma independiente y generar mapas basados en dichos atributos.

Datos geográficamente referenciados. Mediante este tipo de datos se describen incidentes o fenómenos que se producen en una localización específica. A diferencia de los atributos estos datos no describen una entidad gráfica sino que proporcionan información (número de edificios permitidos en una zona, número de accidentes en un cruce, inspecciones de salud en un barrio, etc.) asociada a una localización geográfica. Este tipo de datos se almacena y gestiona de forma separada y no se relaciona directamente con las entidades geográficas de la base de datos del SIG.

Para mejorar el acceso a la información se establecen normalmente dos tipos de mecanismos:

Índices geográficos. Los índices geográficos se utilizan en un SIG para seleccionar, relacionar y recuperar datos en función de su localización geográfica, de forma similar a como actúan los índices en una base de datos tradicional; no constituyen información en sí y únicamente sirven para mejorar los accesos.

Relaciones espaciales. Proporcionan la información sobre las relaciones entre las distintas entidades gráficas, como son la conectividad entre las líneas o la adyacencia en el caso de los polígonos. Este tipo de información va a ser fundamental para determinadas aplicaciones tales como el análisis de redes, puesto que proporcionan información sobre las interconexiones de

los distintos elementos de la red. Este tipo de relaciones es otro de los aspectos diferenciadores de los SIG, que no suele encontrarse en otros sistemas gráficos.

1.1.4 Georeferenciación

La georeferenciación se puede definir como aquel proceso mediante el cual se identifica una posición en la superficie terrestre. Existen dos tipos de georeferenciación:

Georeferenciación directa

Se basa en el uso de un sistema de coordenadas establecido para un determinado sistema de proyección.

Los sistemas de proyección están pensados para resolver el problema de proyectar la superficie curva de la tierra en un sistema plano. Aunque todo sistema de proyección distorsiona la realidad, podemos mantener sin distorsión el área (proyecciones equivalentes), las distancias (equidistantes) o los ángulos (conformes).

Entre los sistemas de proyección globales (válidos en todo el globo terráqueo), el más utilizado es el correspondiente a la proyección **UTM (Universal Transversal Mercator)**, que se obtiene proyectando sobre un cilindro cuya directriz es un meridiano terrestre (a lo largo del cual la distorsión es nula). En este caso, la geo-referencia se expresa mediante un identificador de zona y dos coordenadas (**x, y**) en metros, según los ejes **E-O** y **N-S** respectivamente.

Este sistema es el que se usa en la mayoría de los organismos cartográficos nacionales e internacionales, así como en el que se proporcionan habitualmente los datos de imágenes de satélites. Sin embargo, los problemas se presentan cuando es necesario trabajar con datos de dos zonas diferentes.

También se usan asiduamente las llamadas coordenadas planas, resultantes de obviar la curvatura terrestre, por lo que son válidas para problemas cuya área de interés sea de dimensiones moderadas, ya que en otro caso se producirán inconsistencias por las distorsiones introducidas.

Normalmente los SIG comerciales proporcionan funcionalidades para realizar cambios de coordenadas entre varios sistemas diferentes, ya que es habitual disponer de información gráfica referida a distintos sistemas de proyección.

Georeferenciación indirecta o discreta

Su fundamento es asociar al elemento que se representa una clave o índice, normalmente con significado administrativo (dirección, código postal, etc.), que puede ser usada para la determinación de una posición, naturalmente con una precisión no siempre equivalente a la obtenida con geo-referenciación directa. La virtud de este sistema es el poder aprovechar de forma inmediata la gran cantidad de información disponible con geo-referenciación directa.

1.1.5 Funcionalidades

➤ Captura y Organización de Datos

- Funciones de digitalización
- Funciones de filtrado de líneas
- Funciones de transformación de coordenadas
- Funciones de localización de errores
- Funciones de geo-referenciación
- Funciones de gestión de tablas
- Funciones de borrado selectivo
- Funciones de creación de topologías
- Funciones de creación de mapas raster a partir de temas vectoriales
- Funciones de vectorización de un mapa temático raster
- Funciones de tratamiento de imágenes
- Funciones de corte y unión de redes de polígonos.

➤ Gestión de Tablas Alfanuméricas

- Funciones de localización de registros
- Funciones de creación y modificación de la estructura de una tabla
- Funciones de indexado de tablas
- Funciones de relación entre tablas y de unión lateral
- Funciones de añadir registros procedentes de otras tablas
- Funciones de importación y exportación
- Funciones de borrado selectivo
- Funciones de actualización de columnas

➤ Análisis Espacial

- Funciones de análisis de área de influencia
- Funciones de intersección
- Funciones de creación de mapas temáticos
- Funciones de localización y selección de entidades (inclusión, proximidad)
- Funciones de agrupamiento y clasificación

1.1.6 Aplicaciones Prácticas

Son muy diversos los sectores donde los SIG pueden ser utilizados como una herramienta potente de ayuda a la gestión. Entre dichos sectores se pueden citar:

Cartografía automatizada. Los organismos públicos han tomado la iniciativa en el mantenimiento de planos digitales de cartografía. Dichos planos son luego ofrecidos a las empresas a las que puedan resultar de utilidad. Los propios organismos se encargan después de proporcionar versiones actualizadas periódicamente.

Gestión de infraestructuras. Algunos de los primeros SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y gestión de redes de electricidad, gas, agua, teléfonos, alcantarillado, etc., lo que habitualmente se conoce como *utilities*. En estas empresas los SIG almacenan información alfanumérica de instalaciones, que se encuentra ligada a las distintas representaciones gráficas de las mismas. Estos sistemas suelen almacenar igualmente información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, para poder realizar un análisis de la red.

La producción de planos, así como la posibilidad de elaborar cualquier tipo de consulta, ya sea gráfica o alfanumérica, son las funciones más comunes en estos sistemas, si bien también son utilizados en trabajos de ingeniería, labores de inventario, planificación de redes, gestión de mantenimiento, etc.

Gestión territorial. Son aplicaciones dirigidas a la gestión de ayuntamientos o diputaciones, basadas en la utilización de formatos mixtos **raster-vectorial**.

Estas aplicaciones permiten un rápido acceso a la información gráfica y alfanumérica, y proporcionan funciones para el análisis espacial de la información, incluyendo información procedente de varias capas superpuestas. Facilitan asimismo las labores de mantenimiento de

infraestructuras, mobiliario urbano, etc., y permiten realizar una optimización en la realización de trabajos de mantenimiento de empresas de servicios.

Gestión medioambiental. Son aplicaciones dirigidas a instituciones de medioambiente y empresas de ingeniería, que facilitan la evaluación del impacto medioambiental en la ejecución de proyectos. Integrados con sistemas de adquisición de datos permiten el análisis en tiempo real de la concentración de productos contaminantes, para acelerar la ejecución de medidas correctoras. Proporcionan asimismo una ayuda fundamental en trabajos tales como repoblaciones forestales, planificación de explotaciones agrícolas, etc.

Gestión de equipamientos sociales. Dirigidas a la gestión de servicios tales como servicios sanitarios, centros escolares, etc., proporcionan información sobre los centros ya existentes en una determinada zona y ayudan en la planificación de ubicaciones para nuevos centros. Estos sistemas aumentan la productividad al optimizar recursos, ya que permiten asignar de forma adecuada los centros a los usuarios. Utilizados en servicios sanitarios, permiten realizar estudios epidemiológicos relacionando incidencia de enfermedades con el entorno vital.

Gestión de recursos geológico-mineros. Facilitan el manejo de un gran volumen de información generado tras varios años de explotación intensiva, proporcionando funciones para la realización de análisis de elementos puntuales (sondeos o puntos topográficos), lineales (perfiles, tendido de electricidad), superficies (áreas de explotación) y volúmenes (capas geológicas). Proporcionan además herramientas de modelización de las capas o formaciones geológicas.

Gestión del tráfico. Se utiliza para modelizar el comportamiento del tráfico estableciendo 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 existe un semáforo, se puede obtener información muy útil:

- Deducir el camino más corto en distancia o en tiempo entre dos puntos. Si la información se actualiza con suficiente rapidez, puede ser una herramienta muy eficaz a la hora de recomendar itinerarios.
- Simular el efecto que puede tener un cambio en las condiciones normales (cortes por obra, manifestaciones, etc.).

Demografía. Se incluyen aquí un conjunto heterogéneo de aplicaciones cuyo nexo es la utilización de las características demográficas, y en concreto su distribución espacial, para la toma de decisiones. El repertorio de aplicaciones abarca el marketing, la selección de emplazamientos para la implantación de negocios o servicios públicos, etc.

Tradicionalmente, los usuarios finales de los SIG siempre han sido los gestores de servicios públicos, y aunque pueda parecer que sólo ellos se benefician de estos sistemas, nada más lejos de la realidad. Es en el ámbito privado donde deberían tener más incidencia, aunque aún no es así debido en algunos casos por el coste y en otros por la falta de información.

Los SIG pueden y deben ser empleados en:

GeoMarketing: La base de datos unida a la información geográfica resulta indispensable para planificar una adecuada campaña de marketing o el envío de correo promocional. Adicionalmente, se podrían diseñar rutas óptimas a seguir por comerciales, etc.

Banca: Los bancos y cajas son unos buenos usuarios de SIG, ya que necesitan ubicar a sus clientes y planificar tanto sus campañas como la apertura de nuevas oficinas, incluyendo información sobre las sucursales de la competencia.

Análisis de Redes: Este es uno de los puntos fuertes de un SIG. Todo lo que se puede representar como una red se puede analizar mediante herramientas SIG.

La aplicación más conocida puede ser la obtención de rutas óptimas para el reparto de mercancías, transporte regular de pasajeros y seguimiento de flotas de vehículos (con dispositivos GPS).

1.1.7 Beneficios y Ventajas

En la actualidad, debido a la disminución del coste de los Sistemas Informáticos, están materializándose importantes beneficios económicos en las empresas y organismos que disponen de la tecnología SIG. Entre estos beneficios se destacan:

- Ahorro de tiempo en producción de mapas, mantenimiento y administración.

- Información exacta, actualizada y centralizada.
- Acceso rápido a los datos.
- Reducción de actividades redundantes o tediosas.
- Análisis complejos imposibles de hacer por métodos tradicionales.
- Menores costes de operación.
- Ayuda a la toma de decisiones, para la realización de inversiones más efectivas.
- Intercambio, venta de información impresa o en soporte magnético.
- Creación de nuevos servicios, derechos por el uso de las bases de datos, etc.
- Obtención inmediata de estadísticas, mapas temáticos, etc.
- Mejora del servicio a los clientes
- Fácil acceso a la información (por dirección, calle, etc.)
- Análisis e informes de gran calidad (mapas temáticos, estadísticas, listados, etc.)
- Eliminación de información redundante en distintos departamentos, al estar totalmente integrada.
- Incremento de la productividad.

1.1.8 Aspectos tecnológicos

Desktop Mapping

Recientemente han venido apareciendo aplicaciones sencillas de visualización y análisis de datos con componente espacial para sistemas microordenadores con un coste inferior a un SIG. La denominación habitual de estas aplicaciones en inglés es Desktop Mapping (DM) "Cartografía de escritorio".

Estas herramientas permiten el uso de datos espaciales por partes de usuarios que no son expertos en programación, cartografía, geodesia, etc. de forma análoga a como estos mismos usuarios utilizan procesadores de textos, hojas de cálculo, bases de datos, sin conocimiento de tipografía, maquetación, etc.

Gran parte de la capacidad de adecuación de estos productos deriva de las posibilidades de integración con otras aplicaciones a través de los mecanismos que proveen los entornos de trabajo como Microsoft Windows, Windows NT, X Windows. De ésta manera y junto con aplicaciones específicas se pueden crear entornos de trabajo verticales que resuelven gran parte de los problemas de un determinado profesional, integrándose el análisis y visualización

espacial con la preparación de documentos. De la misma manera se pueden incorporar datos no gestionados directamente por el DM, como sonido, imágenes, etc.

Este tipo de aplicación tiene un mercado potencial mucho más amplio que un SIG tradicional, por las mismas razones que lo tienen los procesadores de textos, las hojas de cálculo, etc.

Actualmente el DM se usa en: departamento de marketing, ventas, distribución y reparto, telecomunicaciones, propiedad inmobiliaria, planeamiento, seguros, servicios de urgencia, salud, administración local, etc.

Por otra parte, veamos algunas funciones típicas de un SIG que se escapan al propósito y capacidad de un DM:

- No es apto para la creación de nuevos mapas
- No se podrán crear nuevos temas combinando datos existentes por análisis de superposición.
- No se pueden gestionar datos tridimensionales.
- No se puede esperar: meta datos de calidad, variabilidad temporal de los datos, etc.
- Es insuficiente en el tratamiento de datos de teledetección, que requiere capacidad de proceso de grandes cantidades de datos raster.

1.1.9 Mercados emergentes

Los Sectores de Negocios donde ahora o en un futuro inmediato se estima se incorporan SIG son:

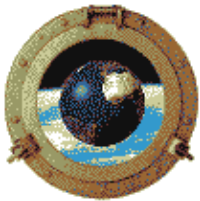
- Banca
- Seguros
- Marketing General
- Distribución y Transportes
- Productos Multimedia

1.1.10 Portales SIG



www.mercator.org

MERCATOR



www.gisportal.com

GISPORTAL



www.eurogi.org

European Umbrella Organization For Geographic Information

Open GIS Consortium

Spatial connectivity
for a changing world.

www.opengis.org

OPEN GIS Consortium

Tabla1.1 Portales SIG.

1.1.11 Estado del Arte en Software Libre para SIG

Introducción

La comunidad del software libre ha desarrollado un buen número de proyectos relacionados con sistemas de información geográfica que incluyen visualizadores, bibliotecas y sistemas

completos. Este desarrollo se ha visto notoriamente acrecentado en los últimos años, llegando a haber más de 170 proyectos de software, la mayoría relacionados con la visualización de información geográfica. Los sistemas en cuestión han sido desarrollados mayoritariamente en lenguaje C para plataformas UNIX. Muchos de ellos han alcanzado un buen grado de madurez, aunque otros tantos no pasan de ser experimentales.

Dentro de las ventajas que tiene el software libre en general destacamos:

- No hay costos de licenciamiento. El software puede instalarse en un número ilimitado de máquinas y puede copiarse y distribuirse libremente.
- Si además de libre es de código abierto (open source) se tiene acceso al código fuente y se lo puede modificar libremente para adecuarlo a necesidades particulares.
- Es habitual el contacto con los propios desarrolladores.

Dentro de las desventajas que tiene el software libre destacamos:

- La documentación suele ser escasa.
- El soporte depende en gran medida de los otros usuarios.

Principales Productos.

Tomados de [12].

Hemos elegido sólo unos pocos productos que pueden ser relevantes para nuestros fines en la bibliografía de nuestro trabajo existen hipervínculos a las páginas que albergan estos proyectos.

Algunos productos forman una categoría en sí mismos (GRASS, PostGIS), en tanto que otros pueden ofrecer funcionalidades similares por ejemplo OpenMap y GISToolkit.



GRASS (Geographic Resource Analysis Support System)

Sistema de información geográfica con capacidades de creación y análisis de datos de tipos variados. GRASS posee más de 200 herramientas que permiten, entre otras cosas, manipular rasters, vectores y puntos geográficos, procesar imágenes, digitalizar mapas, etc., etc., ya sea utilizando su interfaz gráfica en tcl/tk o la línea de comandos. GRASS posee su propio formato para rasters, vectores (representación arco-nodo) y puntos. Cada capa es representada por múltiples archivos, cada uno conteniendo cierta información sobre la capa. Además posee herramientas para la importación o exportación de otros formatos, muchas veces utilizando GDAL.

Principales formatos soportados:

- Vectoriales: AUTOCAD DXF, ESRI Shapefile, etc.
- Raster: ESRI Shapefile, ARC/INFO, GeoTIFF.
- Imágenes: TIFF, PNG, JPG (solo importación), GIF (solo importación), etc.



GDAL (Geospatial Data Abstraction Library)

Biblioteca que permite el acceso uniforme a diversos formatos de datos geoespaciales de tipo raster o imágenes. Utiliza **libgrass** para acceder a rasters GRASS. Libgrass es una biblioteca compartida que permite acceder a bases de datos GRASS en forma autónoma, sin utilizar la API de GRASS.

Principales formatos soportados:

ARC/INFO, GRASS Raster, TIFF, GeoTIFF, BMP, JPG, GIF, etc.

OGR

Biblioteca que permite el acceso uniforme a diversos formatos de datos geoespaciales de tipo vectorial.

Principales formatos soportados:

ARC/INFO Coberturas, ESRI Shapefile, PostGIS.

MapServer

Aplicación CGI es un servidor de mapas para clientes Web. Posee también una extensión (MapScript) para el acceso desde diversos lenguajes (java, C#, Perl o PHP)

Principales formatos soportados:

ESRI Shapefile, formatos vectoriales utilizando OGR.



OpenMap

API basada en Java Beans que permite acceder a información geográfica en varios formatos. En esencia, se trata de un conjunto de componentes ligeros Swing que comprenden coordenadas geográficas. Estos componentes ayudan al programador a desplegar mapas, así como a manejar los eventos que recibe la interfaz gráfica del usuario.

Para cada formato o tipo de dato soportado existe una clase derivada de la clase abstracta OMGraphicHandlerLayer que es responsable de leer sus datos fuente y dibujar sus componentes, utilizando la funcionalidad provista por OpenMap. Estas clases actúan como

clientes, construyendo gráficos a partir de los datos recibidos desde un servidor, o simplemente desplegando los gráficos ya procesados en el servidor.

Principales formatos soportados:

ESRI Shapefiles (rasters y vectores).



GeoTools

API de Java de código abierto, que sirve para desarrollar mapas geográficos interactivos. El énfasis está sobre los applets para visualización de mapas en un cliente Web el cual no requiere de soporte del lado del servidor.

Principales formatos soportados: ESRI Shapefiles (rasters y vectores).

GISToolkit

API de Java de código abierto que permite acceder a información geográfica tanto para visualización como para edición. Es conceptualmente similar a OpenMap.

Principales formatos soportados: PostGIS, ESRI Shapefiles (rasters y vectores)



PostGIS

Extensión del DBMS PostgreSQL que agrega soporte para objetos geográficos, permitiéndole actuar como un *backend* para aplicaciones SIG. Las consultas se realizan mediante un lenguaje SQL extendido directamente al servidor PostgreSQL.

Principales características:

- Soporta representaciones de objetos espaciales en formato binario o ASCII
- Indexación espacial utilizando GiST
- Funciones para análisis geo-espacial
- Extensiones de JDBC para manejar geometrías
- Soporte para funciones de acceso OGC

FMap

FMAP es un SIG de muy buena interfaz de usuario compatible con las plataformas de LINUX y GNOME.

Actualmente esta en una fase muy prematura y se ha liberado para atraer la atención de los usuarios y el apoyo de los diseñadores lo mas pronto posible.

Como todo software de Open Source el programador tiene en sus manos la posibilidad de hacer el proyecto a su manera.

FMap se desarrolla usando GTK+/Gnome Toolkit; para acelerar su desarrollo se usa Glade para diseñar la interfaz del usuario lo que les permite a los programadores concentrarse en el código en vez de en las complicadas Graphics User Interface (GUI). Hoy en día la aplicación completa esta en C, debido a la naturaleza de GTK y Gnome la aplicación se puede ejecutar en Linux, UNix y Windows.

La ingeniería de Base de Datos de FMap es PostgreSQL .

Los datos se guardan en 3D y deben permitir dibujar minas, recursos hidráulicos y todo lo que sea importante para geólogos y estadísticos.

FMap usa por el momento imágenes satelitales y trata de mezclar con estas la imágenes raster y vectoriales.

Se puede usar Perl, PHP, pitón para el scriptin de FMaps sin preferencia alguna.

SPRING

El Instituto Nacional Brasileiro para la Investigación Espacial (INPE) ha desarrollado SPRING, un completo SIG que soporta tipo de datos vector/raster y funciones para procesamiento de imágenes, Modelos digitales de elevación, bases de datos espaciales y álgebra de Mapas. SPRING es un SIG totalmente gratuito y disponible en Internet.

Existen versiones para Windows, Linux, SunOs, AIX, HPUX e IRIX. Además de su utilidad intrínseca, SPRING fue desarrollado para brindar a los usuarios de Brasil y Latinoamérica una herramienta de fácil manejo. SPRING incluye documentación (en portugués)

PhpArcIMS

PhpArcIMS permite a cualquier diseñador desarrollar las aplicaciones ArcIMS o que integran ArcIMS en cualquier aplicación existente.

Como ya sabemos ArcIMS es un servidor de la aplicación de ESRI que les permite a los usuarios compartir proyectos SIG y/o datos con otras aplicaciones a través de XML, por defecto ESRI proporciona Visual Basic o Java para acceder al servidor de ArcIMS y crear las aplicaciones SIG y un servlet JSP que se usa como eslabón entre el servidor y el cliente de ahí nace el desarrollo de phpArcIMS para el uso de las aplicaciones Web con php como conector.

Quantum GIS (QGIS)

QGIS es un SIG que corre en Linux, Unix, Mac OSX y Windows, soporta datos vectoriales, rasters y formatos de la base de datos.

Posee la licencia pública GNU (GNU Public License).

Entre sus mayores rasgos están:

- Soporte para los datos espaciales PostGIS.
- Soporte para shapefiles, ArcInfo coverages, Mapinfo, y otros formatos soportados por OGR
- Soporta formato rasters
- Identificación de rasgos.
- Muestra tablas con atributos.
- Selección de features
- Digitalización GRASS

OSSIM

Es un Juego de herramientas para realizar imágenes en formato raster y operaciones sobre estos. Contiene librerías de software, aplicaciones GUI y herramientas de comandos de línea.

Hoy en día existen dos aplicaciones iView solo para imágenes geo espaciales simples e Imagelinker para GUI basada en la construcción y producción de imágenes geoespaciales complejas.

¿Qué podemos hacer con el?

Acercar, alejar, definir áreas de interés, conversión de ficheros, proyección de mapas.

En si OSSIM no es un SIG de propósito general sino un juego de herramientas para procesamiento de imágenes que se puede agregar a un SIG para trabajar capas

HidroSIG

Es en general, un Sistema de Información Geográfica con herramientas especiales que le permitirán realizar estimaciones y análisis de variables hidrológicas, climáticas y geomorfológicas.

HidroSIG es una herramienta que constituye un insumo importante para uso de múltiples sectores de la planificación social, económica y ambiental, con base en la oferta del recurso hídrico.

Gix Export

Es una extensión ArcView 3.x que permite exportar vistas de los siguientes formatos:

Map Server Map File <http://mapserver.gis.umn.edu/>

ESRI Arc Explorer Project <http://www.esri.com/software/arcexplorer/>

ESRI Arc Explorer Java Project <http://www.esri.com/software/arcexplorer/>

JUMP Task <http://www.jump-project.org/>

QGis Project <http://www.qgis.org/>

Thuban Session <http://thuban.intevation.org/>

OpenEV Project <http://openev.sourceforge.net/> (*experimental)

Gix puede exportar vectores de los siguientes formatos:

SQL for PostGIS <http://postgis.refrations.net/>

JUMP GML <http://www.jump-project.org/>

Well-Known Text <http://www.opengis.org/docs/99-049.pdf>

Características:

- Auto-creación de .map, .fnt (fonts) y .sym (Symbols) ficheros para mapserver
- Auto-creación de JPG file para referenciar mapas de MapServer
- Auto-creación de .aep files (ArcExplorer), .axl files (ArcExplorer Java), .jcs files (JUMP)
- Compatible con archivos de JUMP GML
- Compatible con SQL (PostgreSQL)
- Exporta colores, definición de símbolo como los de ArcView
- Retiene extension view, layer names

CGEO

Es un framework multiplataforma en C++ para la creación de aplicaciones SIG.

- Especializado para la manipulación online de datos vectoriales topológicamente integrados con la geografía.
- Extensible a través del COM-like component system
- Soporte [ESRI](#) para ficheros shapes (.shp)
- Soporte [ER Mapper](#) [ECW](#) imágenes raster.

La versión libre mas reciente es la 0.4 la cual es estable pero aun no es cómoda para el uso productivo.

- Construido en Microsoft Windows con Microsoft Visual C++ 6 y MFC.
- Construido en Linux usando Autotools. La UI Linux esta basada en [Gtk](#)
- Interfaces en expectativa de cambio

CGEO posee la licencia [GNU LGPL](#).

1.2. Conclusiones

Se han analizado hasta aquí los principales conceptos y definiciones que circundan a los Sistemas de Información Geográfica y se ha brindado un estado del arte bastante completo y consonante con la novedad relativa de estos sistemas a nivel mundial y nacional. Se ha demostrado también la necesidad de que nuestro centro cuente con un sistema de este tipo debido a su amplio campo de aplicaciones y del objetivo de nuestra universidad de informatizar todos los procesos. Proponemos además que se siga estudiando sobre el tema para lograr que la escuela se ubique y se mantenga en la avanzada en lo que a este asunto se refiere.



CAPÍTULO

TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS ACTUALES A CONSIDERAR

2.1 Introducción

Destacamos en el presente capítulo el estado del arte de las técnicas adecuadas para el desarrollo del trabajo y una descripción de las herramientas que se proponen para la implementación del mismo.

2.2 Aplicaciones Web

Una Aplicación Web es un Sistema Web que permite a los usuarios ejecutar lógica de negocio a través de un Navegador o lo que es lo mismo: modificar el estado del negocio.

Las Aplicaciones Web utilizan las tecnologías existentes para generar contenidos dinámicos y permitir a los usuarios del sistema modificar la lógica del negocio en el servidor. Si no existe lógica de negocios en el servidor, el sistema no puede ser considerado una aplicación Web, en ese caso se considera como un sitio Web.

La arquitectura de un Sitio Web es simple. Contiene como componentes principales: el Servidor Web, una Red y un Navegador o cliente. La arquitectura de una aplicación Web además incluye la aplicación en el Servidor, que es la que permite al sistema manejar lógica de negocio y tener un estado.

De aquí la proposición de que el sistema a desarrollar sea una aplicación web.

2.3 Servicios de Mapas en Web (WMS) [3] [7]

En su base está la aparición del mundo XML como medio de intercambio de información, que ha revolucionado el mundo de la informática.

De hecho, se ha pasado del concepto cliente/servidor (compartir datos y recursos en una red) al concepto de servicios WEB (compartir servicios a través de interfases estándar que publican la información disponible y cómo acceder a ella) con una extensión virtualmente ilimitada.

En el mundo de los gráficos, y en particular en el mundo geográfico, no se había puesto en marcha esta estructura por la complejidad en el tratamiento de los datos de esta naturaleza, por la ausencia de estándares adecuados y software de base de suficiente fiabilidad. De hecho, hasta fechas recientes, los servicios de mapas en web proporcionaban únicamente información raster (JPEG, por ejemplo) como resultado a un requerimiento de una aplicación cliente.

Estos servicios satisfacen las consultas entre sistemas que proporcionan información al usuario final. Sin embargo, en las relaciones de Productor a Productor se precisa el mayor aprovechamiento en las capacidades de tratamiento de información que ofrecen los gráficos vectoriales, sumado a la considerable mejora en la representación ante requerimientos de gráficos de alta calidad.

Desde OGC se ha postulado un estándar, denominado Geographic Markup Language (GML) [4]. Este estándar es un XML especializado en intercambios geográficos (incluye coordenadas)

y ya existen servidores de datos que permiten tanto la escritura como la lectura desde aplicaciones SIG comerciales, sin embargo, GML no es representable sin más. Es preciso proporcionarle meta datos de definición de estilos (XSL) para que un programa cliente estándar (plug-in) pueda representarlo y manejarlo. Ahí es donde W3C ha adoptado Scalable Vector Graphics (SVG) [5], creado por Adobe, como el formato de intercambio de datos productor a consumidor.



Fig. 2.1 Representación del concepto de la tecnología WMS.

Con la tecnología WMS, la información espacial publicada en la red es dinámica. La distribución de información geográfica vía Internet permite la integración en tiempo real de datos procedentes de cualquier parte del mundo.

El usuario tiene acceso a los recursos de la Web, se desplaza libremente por toda la información con herramientas funcionales, cambia la representación gráfica en línea, enlaza elementos gráficos con informaciones procedentes de bases de datos, y trabaja en tiempo real con funciones de análisis.

Este sistema distribuido de información, en comparación con herramientas de escritorio o instaladas en un ordenador personal ofrece, entre otras, las siguientes ventajas:

- Compartir e intercambiar datos.
- Dar acceso a aplicaciones y herramientas para el análisis y toma de decisiones a un público mucho más amplio.
- Facilitar la actualización continuada de la información, ayudando a reducir redundancias (duplicaciones) y mejorando el acceso a bases de datos.
- Facilitar la actualización de aplicaciones e información divulgada.

2.3.1 Arquitectura de los Servicios de Mapas en web.

Los servicios de mapas en web son componentes o aplicaciones independientes cuya funcionalidad (métodos) puede ser invocada a través de Internet por otros programas para realizar algún tipo de tarea. Lo revolucionario de los WMS es que utilizan un protocolo denominado SOAP basado en mensajería XML por lo que es posible utilizarlos con cualquier combinación de plataforma y lenguaje de programación.

Sin pretender dar una clase magistral y remitiendo a los lectores que pretendan profundizar en cada aspecto que concierne a estas nuevas tecnologías a la bibliografía pertinente y a las normas que OGC y W3C están produciendo, realizaremos una pequeña introducción esquemática a los elementos constitutivos de esta tecnología, a modo de clarificación.

2.3.2 Conceptos Básicos.

Los elementos básicos que implican esta tecnología se expresan a continuación.

Geographic Markup Language (GML): Lenguaje estándar de marcado basado en XML para el intercambio de información geográfica entre sistemas. Contiene información espacial de las entidades geográficas (geometría, atributos, o sistema de referencia usado) pero no contiene datos acerca de como deben ser representadas (simbología). Su uso se enmarca en la: integración de SIG (intercambio de datos geoespaciales) entre productores.

GML es el estándar que OGC propone. GML será el formato de intercambio interior entre los sistemas, tanto lectura como escritura.

Scalable Vector Graphics (SVG): Lenguaje de marcado basado en XML para la representación de gráficos vectoriales en páginas Web. Además de ser capaz de dibujar los gráficos permite asociarles eventos y operar con ellos desde javascript. Los gráficos son de alta calidad.

Sus usos se refieren a la representación de gráficos y mapas con riqueza de simbología, interactividad.

El formato de publicación de mapas que se genera y devuelven los Servicios es SVG, definido como estándar por W3C y OGC (OpenGis® Consortium Inc.)

Estos servicios siguen el estándar establecido por W3C sobre la publicación de catálogos de servicios (UDDI) y de métodos de acceso desde la interfaz a las reglas de negocio o aplicativos de los servidores (WSDL). Asimismo se propone una envoltura XML de los mensajes que viajan entre servicios (SOAP).

2.3.3 Especificación WMS 1.0

Las especificaciones del Servidor WMS (Servidor de Servicios de Mapas en la Web) ofrecen una manera de permitir la superposición visual de información geográfica compleja y distribuida (mapas) simultáneamente en Internet.

Además, otras especificaciones del OGC permitirán compartir servicios de geo-procesamiento, tales como transformación de coordenadas en la WWW. Los productores e integradores de "software" que desarrollan éste para cartografía de Web o que intentan integrar estas posibilidades en sistemas de información de ámbito general, pueden añadir estas interfaces de cartografía en la Web a su "software".

El servicio se basa en la especificación WMS 1.0 y tiene soporte para las peticiones: GetCapabilities (Información del servidor), GetMap (Generación de imágenes de mapa) y GetFeatureInfo (Consulta de atributos, text/plain y text/html únicamente). No hay soporte para la petición DescribeLayer.

En primer lugar un "navegante" típico puede pedir al Servidor de Mapas que haga estas cosas, enviando peticiones en forma de "Uniform Resource Locators" (URLs) (Localizadores Uniformes de Recursos). El contenido de tales URLs depende de cuál de las tres tareas se pide. Todos los URLs incluyen una especificación de Tecnología de Cartografía en la Web, con número de versión y un parámetro de tipo de petición.

2.3.4 Arquitectura:

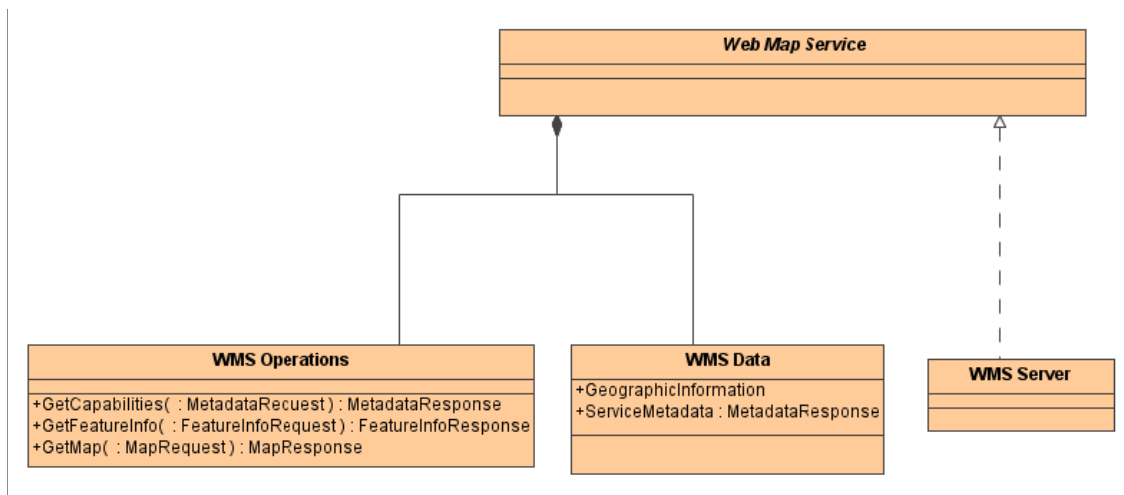


Fig. 2.2. Arquitectura de los Servicios de Mapas en Web (WMS)

Un Servicio de Mapas consta de cuatro procesos:

- Selección de datos.
- Generación de elementos.
- Rendering de los elementos.
- Despliegue de los elementos.

Dependiendo de la ubicación de cada uno de estos servicios, se definen 3 tipos de clientes:

1. Imagen:
 - Cada petición se traduce en el viaje de una imagen al cliente.
2. Elemento gráfico:
 - Genera los elementos en un formato conocido. Interfaces WMS
 - Mejores tiempos de respuesta
 - Sólo viaja lo necesario
 - Requiere de plugins o applets
3. Datos
 - Todos los datos viajan en un formato estándar (GML)
 - Todo el procesamiento es hecho en el cliente.

2.3.5 Interfaces WMS

GetMap

Especifica los parámetros de petición de mapas que permite a servidores múltiples producir diferentes capas de mapas para un único cliente.

La URI indica:

- Qué parte de la Tierra se mapeará.
- Sistema de coordenadas.
- Capas de información.
- Formato de salida.
- Tamaño de imagen, colores, etc.

<http://servidor/script?WMTVER=1.0.0&REQUEST=map&LAYERS=edificios,manzanas&SRS=EPSG:4326&BBOX=12,20,45,89&WIDTH=400&HEIGHT=300>

Para producir un mapa, los parámetros URL indican de qué porción de la Tierra se trata, el sistema de coordenadas que se va a usar, el tipo o tipos de información que han de aparecer, el formato de salida deseado y quizá su tamaño, estilo de presentación u otros parámetros.

GetFeature

Especifica cómo pedir más información sobre características de mapas en la web.

La URI permite:

- Identificar características.
- Hacer consultas específicas.

http://servidor/script?WMTVER=1.0.0&REQUEST=feature_info&QUERY_LAYERS=edificios,manzanas,areasdeportivas&FEATURE_COUNT=100&X=25&Y=350

Para consultar el contenido del mapa, los parámetros URL indican qué mapa se está consultando y qué localización dentro del mapa es de interés.

GetCapabilities

Explica lo que un servidor de mapas puede hacer (para que los integradores sepan qué pedir).

La URI permite:

- Consultar metadatos
- Consultar catálogos

<http://servidor/script?WMTVER=1.0.0&REQUEST=capabilities>

Para preguntar al servidor de mapas sobre sus posesiones, los parámetros URL incluyen un tipo de petición de "capacidades".

Para consultar a cualquiera de estos mapas, un cliente podría pedir información sobre una característica en el mapa, añadiéndole dos parámetros URL adicionales, especificando una localización (como "offset" x, y, del ángulo superior izquierdo).

Estas interfaces procuran un alto nivel de abstracción e incluyen encontrar servidores de almacén de datos remotos, pedirles datos en estructuras específicamente definidas, adjuntar símbolos inteligentemente, cambiar sistemas de coordenadas y devolver información preparada y representada para el cliente -todo en cuestión de segundos-.

Dicho de esta manera un servidor de mapas puede hacer tres cosas:

- Producir un mapa (como ilustración, como una serie de elementos gráficos o como un conjunto empaquetado de datos de características geográficas).
- Responder a preguntas básicas sobre el contenido del mapa.
- Decirle a otros programas qué mapas puede producir y cuáles de ellos pueden ser cuestionados adicionalmente.

2.4 Servicios de Características en Web (WFS) [6]

2.4.1 Conceptos Básicos.

Existe una gran variedad de servicios disponibles actualmente en la web. Dentro de ellos se encuentran los Servicios de Características en Web (Web Feature Service), o Servicios de Rasgos Geográficos. La arquitectura WFS, permite a un cliente recuperar datos geoespaciales codificados en GML de múltiples servidores de “características”. Como ya dijimos, GML es una extensión de la codificación XML, que se usa para la transportación y almacenamiento de geometrías y propiedades de “features” o rasgos geográficos.

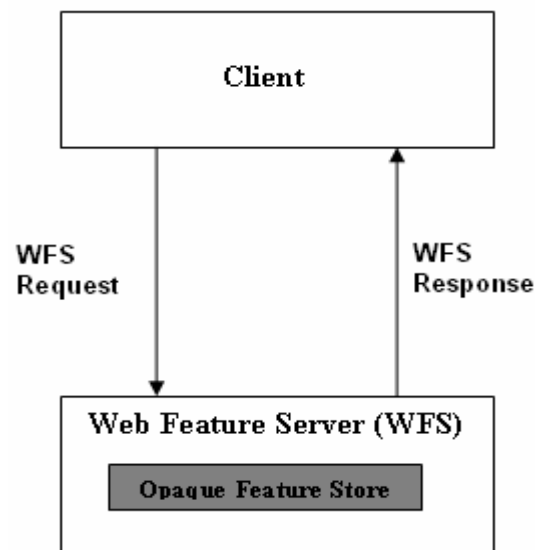


Fig. 2.3 Funcionamiento de un WFS.

Algunas de las características que un WFS debe tener son:

- Las interfases deben ser definidas en XML.
- GML debe ser usado para expresar rasgos dentro de la interfase.
- En un WFS deben estar presentes los rasgos que usan GML.

- El predicado o el idioma del filtro se definirá en XML como esta definido en la OpenGIS Catalogue Interface Implementation Specification.
- Los almacenes donde se guardan los rasgos geográficos deben ser opacos a las aplicaciones del cliente y su única vista de los datos debe ser mediante la interfaz de WFS.
- El uso de un subconjunto de expresiones de XPath para la referenciación de las propiedades.

Como mínimo un WFS debe poder presentar rasgos usando GML.

Un WFS soporta operaciones como: INSERT, UPDATE, QUERY y DISCOVERY sobre objetos geográficos, usando HTTP como la plataforma de cómputo distribuido.

Es la función de un WFS, en su interacción con el sistema de almacenamiento de información usado, administrar rasgos geográficos para asegurarse que los cambios a los datos son consistentes.

Dependiendo del soporte que tenga un WFS sobre estas operaciones, éstos se clasifican en:

Basic WFS: Servicio de Características en Web de sólo lectura (Read-Only).

Un WFS básico implementa las operaciones GetCapabilities, DescribeFeatureType y GetFeature.

Transaction WFS: Servicio de Características en Web de transacciones (Transactional). Un WFS de transacciones soporta todas las operaciones del WFS básico, además, implementa las operaciones de transacciones, como son Insert, Update y Discovery. Opcionalmente, un "transaction WFS" puede implementar la operación LockFeature.

Un WFS no se define ni se genera en base a un dominio específico, es decir, en un WFS se puede cargar cualquier cartografía que cuente con las características definidas por el mismo, no se implementa de manera particular para satisfacer a una sola cartografía. Dentro de las características, podemos mencionar la escala y el sistema de referencia usado, siendo estas dos las más importantes.

2.4.1 Objetos Geográficos (Geographic features)

El estado de un objeto geográfico se describe por un juego de propiedades como pueden ser la tupla {nombre, tipo, valor}. El nombre y tipo de cada propiedad del rasgo son determinados por su definición del tipo. Los rasgos geográficos pueden o no tener propiedades geométricas definidas. Una geometría simple es aquella para la cual se definen las coordenadas en dos dimensiones y la delineación de una curva la cual está sujeta a la interpolación lineal. Finalmente, GML permite rasgos que sean complejos o propiedades geométricas no agregadas.

2.4.2 Solicitudes de procesamiento

El protocolo a seguir para procesar peticiones a un servidor de WFS es el siguiente:

1. Una aplicación cliente haría la petición del “documento de capacidades” del servidor WFS. Tal documento contiene una descripción de todas las operaciones que el servidor WFS soporta y una lista de todos los tipos del rasgo que puede servir.
2. Una aplicación del cliente (opcionalmente) hace una demanda a un Servicio de Características en Web para la definición de uno o más tipos de características que el servidor WFS puede servir.
3. Basado en la definición del tipo de objeto geográfico la aplicación del cliente genera una demanda.
4. La demanda se manda por correo a un servidor web.
5. El servidor WFS es invocado para leer y servir la demanda.
6. Cuando el WFS ha completado el proceso de la demanda, generará un informe de estado y lo devolverá al cliente. En caso de un error, el informe de estado indicará ese hecho.

2.4.3 Especificación WFS

Las funciones que puede realizar un WFS son las siguientes:

GetCapabilities

Un WFS debe poder describir sus capacidades. Específicamente, debe indicar que tipo de rasgos pueden servir y que operaciones son soportadas sobre cada tipo de rasgo.

DescribeFeatureType

Un WFS debe poder, por requerimiento, describir la estructura de cualquier característica que pueda ser servida.

GetFeature

Un WFS debe poder atender peticiones de recuperación de instancias de un rasgo. Además, el cliente debe poder especificar que propiedad del rasgo deberá traer y también deberá poder construir la consulta espacial y no espacial.

Transaction

Un WFS puede atender peticiones de transacciones (transaction requests). Una petición de transacción está compuesta de operaciones que modifican características, es decir, operaciones para crear, actualizar y eliminar sobre rasgos geográficos.

LockFeature

Un WFS puede procesar peticiones de bloqueo (lock requests) en una o más instancias de un tipo de rasgo para la duración de una transacción.

2.4.4 Estado del Arte de los WFS

Durante la iniciativa OGC Web Mapping Test (WMT), se desarrollaron dos especificaciones:

- OpenGis© Web Map Service Implementation Specification
- OpenGis© Geography Markup Language (GML) 2.0 Implementation Specification.

El documento que define a los WFS, surge como un siguiente paso a esta iniciativa y propone interfases para describir operaciones de manipulación de datos sobre “features” geográficos usando HTTP como plataforma de cómputo distribuido.

Algunas empresas han implementado esta especificación y son las que se consideran, actualmente, como tecnologías de punta.

Dentro de las aplicaciones comerciales y no comerciales que implementan WFS, encontramos a "Cartilinea™ Geographic Data Server" Cartilinea aplicación geo espacial que ofrece una conformidad con el OGC en la forma de Servicio de Características en Web (WFS), Servicios de Coberturas en Web (WCS) y Sensor Collection Service (SCS) desarrollada por la empresa Galdos Systems Inc. Otra aplicación disponible es el WFS del "Canadá Centre for Remote Sensing" desarrollado por CubeWerx.

2.5 Servicios de Coberturas en Web (WCS) [8]

Open Geospatial Consortium Web Coverage Service (OGC-WCS) es una especificación tecnológica que permite obtener capas raster en formatos SIG originales desde un servidor específico compatible con WCS. Generalmente estas capas SIG son archivos muy voluminosos y el usuario sólo desea una región de los mismos. La especificación establece un lenguaje de comunicación entre un cliente y un servidor. De esta manera, un cliente puede realizar peticiones de capas, para un ámbito concreto, y enviar la petición a un servidor incluso si reside en otro dominio. Esta característica posibilita a las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs) la posibilidad de construir portales a los datos, enviando peticiones WCS directamente a los ordenadores donde residen las capas originales.

El protocolo WCS (en su versión 1.0) sólo permite la descarga de una sola capa raster a la vez, mediante esta especificación se transfiere información de rasgos geográficos (componente espacial o descriptiva) en este formato (raster) a través de la web. Los WCS permiten el acceso e intercambio a través de la red de datos geoespaciales en forma de coberturas. Amplía la interfaz de Servidor de Mapas (Servidor WMS) para permitir el acceso a "coberturas" geoespaciales que representan valores o propiedades de una localización geográfica, mientras que los WMS generan solamente imágenes. [9]

De esta forma podemos decir que mediante Servicios de Coberturas en Web (WCS), es posible:

- Acceso completo a los atributos de los píxeles.
- Trabajar con la información remota como si fuera información raster local.
- Análisis espacial.

2.5.1 Conceptos Básicos.

Coberturas: De forma general, las coberturas ("coverages") describen un conjunto de localizaciones espaciales (el "dominio") en términos de una o más características (el "atributo valor"). Algunos ejemplos pueden incluir mapas de suelo (tipos de áreas de áreas específicas); imágenes por satélite (la nitidez de un conjunto de píxeles), o un modelo digital de elevación (datos de elevación regularmente espaciados, o puntos irregulares de elevación triangulados).

Servidor WCS: (Web Coverage Server). Extensión del IMS, que permite el acceso a coberturas que contienen valores o propiedades de localizaciones geográficas. No son mapas estáticos (imágenes servidas por IMS). [10]

2.5.2 Especificación de implementaciones.

OGC ha liberado recientemente dos especificaciones distintas para el acceso a las coberturas:

1- Una Especificación de Implementación para el Acceso a Coberturas de Malla en OLE/COM o CORBA proporciona una definición de interfaz detallada que se satisface con la Especificación Abstractas (dentro del reino de las coberturas de malla).

2- El reciente Papel de Discusión Servicio de Coberturas en Web propone una sintaxis simple basada en web para el acceso a datos de coberturas de malla.

Las especificaciones de implementación son presentadas por las siguientes compañías:

- Computer Arded Development Corporation Ltd (Cardcop).
- Environmental Systems Research Institute (ESRI).
- Intergraph Corporation.
- Laser Scan, Ltd.
- Oracle.
- PCI Geomatics Inc.

En cuanto a la codificación de coberturas, ninguna codificación tiene la "bendición" del OGC o ISO; pero los siguientes formatos de transferencias de ficheros son los más comúnmente usados:

GeoTIFF: es una extensión ampliamente usada del Formato de Archivo de Imagen Etiquetado que embebe información georeferenciada en el fichero imagen.

NITF: el Formato de Transferencia de Imagen Nacional, fue ideado por la Agencia Nacional de Imágenes y Cartografía de los EU. (NIMA) y apoyado mayoritariamente en operaciones de inteligencia y defensa.

HDF-EOS: el Formato de Datos Jerárquicos que se aplica al Sistema de Observación de la Tierra, es el estándar en el formato de fichero y en las interfaces de aplicaciones para la distribución de imágenes de la NASA.

DTED: ha sido utilizado por NIMA y la Geological Survey de los EU. para distribuir Datos Digitales de Elevación de Terrenos. Los productos de Feb. 2000 Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) también usarán este formato y el NITF.

Se está trabajando en diferentes codificaciones en XML para las coberturas, incluyendo XDF y el Lenguaje de Marcado Científico de la Tierra. También existen discusiones en OGC para extender el Lenguaje de Marcado Geográfico a las coberturas. [11]

2.5.3 Estado del arte.

Aunque WCS fue aprobado en 1993, existen muy pocos portales que lo hayan adoptado para facilitar la descarga de sus capas. Algunos de estos portales solo permiten la elección de la capa a descargar de una lista y la introducción manual de las coordenadas ámbito, así mismo eventuales parámetros adicionales.

GEOCUBA, que es el grupo empresarial dedicado en Cuba al desarrollo de productos y servicios de cartografía, fotogrametría, teledetección, sistemas de información geográfica, y otras disciplinas de la Geomática, ha desarrollado algunas plataformas informáticas compatibles con estándares internacionales. Una de estas experiencias es el servidor de mapas creado por la Agencia de Software de Manicaragua orientado a datos vectoriales. Sin

embargo, no se había podido implementar un servicio similar orientado al formato raster o matricial de información geográfica.

En nuestro centro se realizó un proyecto en cursos anteriores que implementaba un Servicio de Mapas Raster en la Web pero no existe el mapa de nuestro centro en este formato.

2.6 OpenGIS [13]

Formato estándar sobre SQL con soporte de geometrías, orientado al uso remoto mediante servidores de base de datos relacionales. OpenGis fue creado con la sola idea de unificar los formatos propietarios existentes proveyendo de una especificación libre para SQL con soporte espacial.

Las empresas que participaron en dicha construcción son:

- Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI)
- IBM Corporation.
- Informix Software, Inc.
- MapInfo Corporation.

La gran mayoría de los motores de datos no incluyen soporte para este tipo de operaciones en sus distribuciones, pero existen utilidades que se montan sobre el servidor y que permite ampliar los tipos de datos básicos a tipos geométricos, además de proporcionar la estructura de tablas para el almacenamiento y algunos procedimientos almacenados para el manejo de tales acciones.

Dado que el motor de datos soporta datos espaciales y datos no espaciales pueden utilizarse ambos tipos conjuntamente. OpenGis esta orientado al procesamiento de datos en un ambiente de redes a diferencia del formato Shapefile que por ser un archivo plano se relaciona con el procesamiento de datos monousuario.

2.6.1 PostgreSQL.

Muchos son los motores de datos existentes en el mercado, Postgresql se destaca por sus capacidades desde hace un tiempo y cada vez toma mayor fuerza. OpenGis es soportado por este motor de datos por medio de PostGis, que es una herramienta que le permite manipular geometrías.

2.6.2 PostGis

Esta herramienta se monta sobre el servidor de datos Postgresql y nos permite manejar nuevos tipos de datos que no son parte del motor.

Existen versiones de Postgresql para Linux y Windows, al igual existen versiones de PostGis para ambos sistemas operativos.

En la **Tabla.2.1** se muestran ejemplos de la representación en modo texto de los tipos de datos geométricos que agrega PostGis a Postgresql:

```
POINT(0 0 0)
LINESTRING(0 0,1 1,1 2)
POLYGON((0 0 0,4 0 0,4 4 0,0 4 0,0 0 0),(1 1 0,2 1 0,2 2 0,1 2 0,1 1 0))
MULTIPOINT(0 0 0,1 2 1)
MULTILINESTRING((0 0 0,1 1 0,1 2 1),(2 3 1,3 2 1,5 4 1))
MULTIPOLYGON(((0 0 0,4 0 0,4 4 0,0 4 0,0 0 0),(1 1 0,2 1 0,2 2 0,1 2 0,1 1 0)),((-1
-1 0,-1 -2 0,-2 -2 0,-2 -1 0,-1 -1 0)))
GEOMETRYCOLLECTION(POINT(2 3 9),LINESTRING((2 3 4,3 4 5))
```

Tabla.2.1 Tipos de datos geométricos de PostGIS.

El detalle de la estructura de PostGis se encuentra en el sitio oficial:

<http://postgis.refractory.net/>

2.6.3 Esquema conceptual

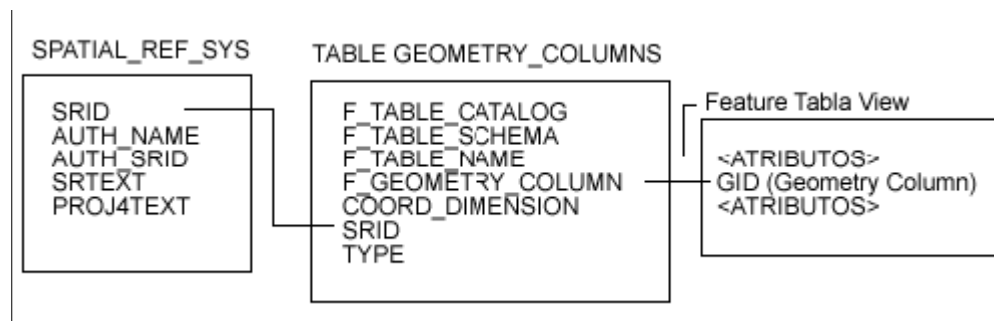


Fig.2.4 Esquema conceptual de una tabla en PostGIS.

2.6.4 Definición de tablas básicas

A partir de este punto todo lo referente a OpenGis (creación de tablas, ejemplos, etc.) esta basado en el soporte de PostGis para Postgresql.

SPATIAL_REF_SYS

La **Tabla.2.2** muestra los datos que la tabla Spatial_Ref_Sys almacena referentes a las tablas geométricas definidas por el usuario y que se enlazan por medio de SRID.

```
create table spatial_ref_sys(  
srid integer not null primary key,  
auth_name varchar(256),  
auth_srid integer,  
srttext varchar(2048),  
proj4text varchar(2048)  
)
```

Tabla.2.2 Tabla Spatial_Ref_Sys de PostGIS.

SRID: Valor entero que identifica el sistema de referencia espacial.

AUTH_NAME: El nombre del estándar para el sistema de referencia. Por ejemplo: EPSG.

AUTH_SRID: El identificador según el estándar AUTH_NAME. En el ejemplo anterior es el ID según EPSG.

SRTEXT: Una *Well-know text* representación para el sistema de referencia espacial. Ejemplo: WKT para SRS.

GEOMETRY_COLUMNS

La **Tabla.2.3** muestra los datos de la tabla Geometry_Columns que registra las tablas geométricas definidas por el usuario indicando el tipo y dimensión (2D, 3D).

```
create table geometry_columns(
  f_table_catalog varchar(256) not null,
  f_table_schema varchar(256) not null,
  f_table_name varchar(256) not null,
  f_geometry_column varchar(256) not null,
  coord_dimension integer not null,
  srid integer not null,
  type varchar(30) not null
)
```

Tabla.2.3 Tabla Geometry_Columns de PostGIS.

F TABLE CATALOG, F TABLE SCHEMA, F TABLE NAME: Distingue totalmente la tabla de características que contiene la columna geométrica.

F GEOMETRY COLUMN: Nombre de la columna geométrica en la tabla de características.

COORD DIMENSION: Dimensión espacial de la columna (2D o 3D).

SRID: Es una clave foránea que referencia SPATIAL_REF_SYS.

TYPE: Tipo de objeto espacial. POINT, LINESTRING, POLYGON, MULTYPOINT, GEOMETRYCOLLECTION. Para un tipo heterogéneo se debe usar el tipo GEOMETRY.

FEATURE TABLE VIEW

La **Tabla.2.4** muestra la tabla Feature Table View creada por el usuario, y es definitivamente la encargada de almacenar las geometrías.

```
<atributos>
GID
<atributos>
```

Tabla.2.4 Tabla Feature Table View de PostGIS.

<atributos>: Son campos definidos por el usuario.

GID: Almacena los datos geométricos.

2.6.5 Crear una tabla con datos espaciales.

Para crear una tabla con datos espaciales se realizan dos pasos:

- Crear una tabla no espacial (tabla común).
- Luego se añade una columna (campo) espacial a la tabla usando la función *AddGeometryColumn* de PostGis.

AddGeometryColumn (<db_name>, <table_name>, <column_name>, <srid>, <type>, <dimension>)

Ejemplos: Usando una base de datos llamada gdat con soporte para PostGis.

Agrega a la tabla calles_geom el campo 'geom' de tipo 'LINESTRING'.

```
CREATE TABLE CALLES_GEOM (ID int4,NAME varchar(25));
SELECT AddGeometryColumn( 'gdat', 'calles_geom', 'geom', 423, 'LINESTRING', 2);
```

Tabla.2.5 Crear Tabla espacial Calles_Geom.

Agrega a la tabla parques el campo 'parque_geom' del tipo MULTIPOLYGON.

```
CREATE TABLE PARQUES (PARQUE_ID int4,PARQUE_NOMBRE
varchar(128),PARQUE_FECHA date);
SELECT AddGeometryColumn( 'gdat' , 'parques' , 'parque_geom' , 128 ,
'MULTIPOLYGON' , 2 );
```

Tabla.2.6 Crear Tabla espacial Parques.

Agrega a la tabla calles el campo 'calles_geom' del tipo GEOMETRY.

```
CREATE TABLE CALLES(CALLE_ID int4,CALLE_NOMBRE varchar(128));
SELECT AddGeometryColumn( 'gdat', 'calles', 'calles_geom', -1, 'GEOMETRY', 3);
```

Tabla.2.7 Crear Tabla espacial Calles.

Cada una de las acciones anteriores se registra en la tabla geometry_columns:

```
select * from geometry_columns;
```

f_table_ catalog	f_table_ schema	f_table _name	f_geometry_ column	coord_dimen sion	srid	Type
	gdat	parqu es	parque_geom	2	128	MULTIPOLYGON
	gdat	calles _geom	geom	2	423	LINestring
	gdat	calles	calles_geom	3	-1	GEOMETRY

Tabla.2.8 Datos creados en la tabla GEOMETRY_COLUMNS.

2.6.6 Ingresar datos espaciales

Los datos se insertan de forma normal, o sea por medio de sentencias SQL. Con la particularidad de que se especifican los datos geométricos según las funciones impuestas por PostGis.

```
INSERT INTO CALLES_GEOM(ID,GEOM,NAME)
VALUES (1, GeometryFromText('LINestring(189141 244158,189265 244817)',-
1),'Geordie Rd');
```

Tabla.2.9 Inserción de datos en la tabla Calles_Geom.

2.7. Lenguajes de Programación para la web

Internet se impone al resto de los medios de comunicación gracias a la posibilidad que brinda de interacción y personalización de la información con el usuario. Todo esto depende de los lenguajes de programación para Web que se han desarrollado hasta estos días. Existen dos grandes grupos de estos lenguajes, ellos son los que se encuentran del lado del servidor y los lenguajes del lado del cliente.

Entre los lenguajes del lado del servidor más utilizados por su eficiencia están PERL, ASP, PHP, Java, JSP, los módulos CGIs e ISAPIs etc., etc. Estos se caracterizan por desarrollar la

lógica de negocio dentro del Servidor, además de ser los encargados del acceso a Bases de Datos, tratamiento de la Información etc.

Del lado del cliente se encuentran principalmente el JavaScript y el Visual Basic Script, que son los encargados de aportar dinamismo a la aplicación en los navegadores.

Esta distinción en los lenguajes ha sido necesaria debido a que la Web funciona en modo "Desconectado", o sea, un usuario a través de un navegador hace una petición de una página Web a un Servidor Web (Request), el Servidor receptiona la petición, la procesa y le envía la Respuesta al Cliente(Response), este la receptiona y se desconecta.

2.7.1. PHP

PHP (Personal Home Page) es el acrónimo de Hypertext Preprocessor. Es un lenguaje de programación del lado del servidor gratuito e independiente de plataforma, rápido, con una gran librería de funciones y mucha documentación. Es también un lenguaje interpretado y embebido en el HTML.

PHP, en el caso de estar montado sobre un servidor Linux o Unix, es más rápido que ASP, dado que se ejecuta en un único espacio de memoria y esto evita las comunicaciones entre componentes COM que se realizan entre todas las tecnologías implicadas en una página ASP.

Fue creado originalmente en 1994 por Rasmus Lerdorf, pero como PHP está desarrollado en política de código abierto, a lo largo de su historia ha tenido muchas contribuciones de otros desarrolladores. Actualmente PHP se encuentra en su versión 5, que utiliza el motor Zend, desarrollado con mayor meditación para cubrir las necesidades de las aplicaciones Web actuales.

PHP es la gran tendencia en el mundo de Internet. Últimamente se puede observar un ascenso imparable, ya que cada día son muchísimas más las páginas Web que lo utilizan para su funcionamiento, según las estadísticas, PHP se utiliza en más de 10 millones de páginas, y cada mes realiza un aumento del 15%.

Resumiendo, el PHP corre en 7 plataformas, funciona en 11 tipos de servidores, ofrece soporte sobre unas 20 bases de datos y contiene unas 40 extensiones estables sin contar las que se están experimentando, además de que:

- Es software libre, lo que implica menos costes y servidores más baratos que otras alternativas.
- Es muy rápido. Su integración con la base de datos MySQL y el servidor Apache, le permite constituirse como una de las alternativas más atractivas del mercado.
- Su sintaxis está inspirada en C, ligeramente modificada para adaptarlo al entorno en el que trabaja, de modo que si se esta familiarizado con esta sintaxis, le resultara muy fácil aprender PHP.
- Su librería estándar es realmente amplia, lo que permite reducir los llamados "costes ocultos", uno de los principales defectos de ASP.

PHP tiene una de las comunidades más grandes en Internet, con lo que no es complicado encontrar ayuda, documentación, artículos, noticias, y más recursos.

2.7.2. JavaScript

Lenguaje de programación del lado del cliente más utilizado por ser el navegador el que soporta la carga de procesamiento y además por ser compatible con la mayoría de los navegadores modernos. Es un lenguaje con muchas posibilidades, permite la programación de pequeños scripts, pero también de programas más grandes, orientados a objetos, con funciones, estructuras de datos complejas, etc. Además, pone a disposición del programador todos los elementos que forman la página Web, para que éste pueda acceder a ellos y modificarlos dinámicamente.

Permite realizar efectos especiales sobre páginas Web, para crear contenidos dinámicos y elementos de la página que tengan movimiento, cambien de color o cualquier otro dinamismo. Además permite ejecutar instrucciones como respuesta a las acciones del usuario, con lo que se puede crear páginas interactivas con programas como calculadoras, agendas, o tablas de cálculo.

2.8. UMN MapServer. [14]

MapServer es una aplicación de carácter libre, distribuida bajo licencia GPL, desarrollada por la Universidad de Minnesota para construir aplicaciones que sirvan mapas a través de Internet. Su modo de funcionamiento está basado en la generación de lado del servidor web de imágenes estáticas (JPEG, GIF, PNG, etc.) como resultado del proceso de las peticiones realizadas por los clientes. Estas imágenes son referenciadas posteriormente dentro de la interfaz de usuario que se le envía al cliente (código html).

Como consecuencia de los trabajos de estandarización en materia GIS de OGC, se ha avanzado mucho en el terreno de las aplicaciones de WebMapping. En este sentido, MapServer cuenta con extensiones que le permiten escuchar peticiones de mapas formuladas según el protocolo WMS de OGC y de enviar respuestas según dicho protocolo. También existen extensiones para MapServer que le permiten proporcionar información cartográfica vectorial según el estándar WFS.

En un primer momento, MapServer fue desarrollado por la Universidad de Minnesota como herramienta para un proyecto de distribución de datos de gestión medioambiental por Internet. Actualmente, es mantenido por el proyecto TerraSIP, patrocinado por la NASA, en el que también trabaja la Universidad de Minnesota y más de veinte desarrolladores en su evolución.

MapServer no es un sistema GIS completo, ni pretende llegar a serlo. Es simplemente una herramienta que permite construir aplicaciones web interactivas que permitan la visualización y consulta de información geográfica en forma de mapas. Es lo que se ha venido a denominar dentro de la industria GIS una aplicación de 'WebMapping'.

2.8.1. Trabajo con MapServer.

La petición más básica que se puede hacer a MapServer es la siguiente:

<http://localhost/cgi-bin/mapserv.exe?map=../apps/prueba1/htdocs/mapa.map&mode=map>

Esta petición está formada por dos partes:

- El fichero map, que nos indica las características del servicio de mapas.

map=C:/msw4/apps/maplab/MapaPost/mapauci.map

- El modo en que se envían las imágenes al cliente (en principio puede ser 'browse' o 'map').

EL FICHERO MAP

Representa un árbol de objetos cuya raíz es el objeto Map. Un ejemplo típico sería el del Anexo VI.

Los principales objetos para servir mapas con MapServer son:

- El objeto MAP, que tiene propiedades esenciales como EXTENT, SIZE, SHAPEPATH e IMAGECOLOR.
- El objeto LAYER, que representa las capas del mapa. Por defecto trabaja con ficheros shape, aunque puede utilizar la librería OGR, parte del proyecto GDAL (<http://www.remotesensing.org/>) para acceder a otros orígenes de datos vectoriales o raster. Su atributo DATA nos indica el origen de datos (ruta del fichero cuando se trabaje con ellos), y en el caso de que se trabaje con orígenes remotos los atributos CONNECTION y CONNECTIONTYPE indican las propiedades de la conexión. Es posible que para conectarse a determinados orígenes haya que recompilar MapServer (por ejemplo ArcSDE).
- Los objetos SCALEBAR y LEGEND proporcionan leyendas y escalas gráficas.

El atributo EXTENT del objeto MAP es más importante de lo que parece, pues indica la extensión (en metros) de la vista que se nos muestra en la página de inicio (cuando no se le especifica a MapServer ningún parámetro de CGI). Si no cuantificamos bien este parámetro, puede ser que se nos muestren mapas en blanco sin conocer la razón. El motivo es que el atributo EXTENT no cubre la zona de las capas contenidas en el fichero *.MAP.

El atributo TEMPLATE indica la url de la plantilla html, referida a la ruta del fichero *.map. El atributo IMAGEPATH indica la ruta relativa de la imagen generada respecto de la url base, y el atributo IMAGEURL indica la ubicación web de base de la imagen.

INTERFACES DE USUARIO Y PLANTILLAS HTML

Utilizando el modo de petición estática de MapServer (mode=map) éste no trata de generar ningún tipo de interfaz de usuario. Si por el contrario, cambiamos el modo (mode=browse) y tratamos de realizar la misma petición, veremos que nos contesta con el mensaje de error de la **Fig.2.5**:



mapserv(): Web application error. No template provided.

Fig.2.5 Error generado por la aplicación.

Esto es así porque no ha encontrado la plantilla de representación. Cuando creamos una aplicación web de servicio de mapas, lo usual es que el usuario pueda modificar los mapas que se le muestran de forma interactiva. Para conseguir esta interactividad, MapServer utiliza plantillas HTML, y el modo de navegación mode=browse.

Una plantilla HTML de MapServer es un fichero html con una serie de etiquetas que MapServer es capaz de entender. Las etiquetas para MapServer van cerradas entre corchetes ("[]"). Cuando MapServer procesa una petición, en primer lugar analiza el fichero *.map, y genera los mapas solicitados. Seguidamente, mezcla los mapas generados con el fichero de plantilla, sustituyendo todas las etiquetas incluidas entre corchetes con los valores que la instancia tiene en memoria, antes de enviarlos al cliente.

¿Cómo sabe MapServer cuando tiene que mezclar los mapas generados con ficheros de plantilla Html antes de enviárselos al cliente?

Se le puede especificar dentro del propio fichero *.map, o en un archivo de inicialización aparte. Trabajando con el modo browse, MapServer no devolverá las imágenes al vuelo, sino que las guardará físicamente en un fichero temporal del servidor. Podemos acceder con posterioridad a

la ruta y el nombre de la imagen que contiene el mapa solicitado con la etiqueta **[img]** de MapServer.

De este modo, cuando MapServer genere la salida que tiene que devolver al cliente mezclando la imagen generada con la plantilla html, sustituirá el campo **[img]** con la ruta y nombre de la imagen que acaba de crear.

Existen numerosísimos servidores de mapas por todo el mundo basados en última instancia en MapServer como servidor de mapas.

2.9. Arquitectura Cliente/Servidor de tres capas.

Este modelo propone un ambiente para la construcción y ejecución de aplicaciones de avanzada. Asegura que las aplicaciones puedan correr en ambientes pequeños o grandes, y puedan acompañar el crecimiento de las entidades que las utilizan. En las aplicaciones diseñadas usando un modelo de tres capas, el sistema es dividido en datos, negocio y presentación. La idea de esta arquitectura está basada principalmente en la capacidad de estabilidad que nos ofrece.

Datos: La capa de datos tiene como misión la administración de la información que maneja el sistema. Esto incluye el almacenamiento, la actualización y la consulta de todos los datos contenidos en el sistema, es por esto que contiene a la base de datos y las clases de acceso a la misma.

Negocio: El comportamiento de la aplicación es definido por los componentes que modelan la lógica de negocio. Estos componentes reciben las acciones a realizar a través de la capa de presentación, y llevan a cabo las tareas necesarias utilizando la capa de datos para manipular la información del sistema.

Presentación: La capa de presentación representa la parte del sistema con la que interactúa el usuario. En una aplicación Web, generalmente la capa de presentación se divide en dos: el lado servidor y el lado cliente. En el lado servidor ocurre toda la interacción con la lógica de negocio. En el lado cliente se presenta la interfaz generada en el servidor al usuario, de forma tal que éste pueda trabajar con ella.

Enfoque horizontal

El sistema esta dividido en varios módulos cada uno de los cuales responde a un conjunto de funcionalidades y casos de uso específicos del cliente. Estos módulos interactúan y comparten datos de interés en dependencia de la funcionalidad de cada uno, siguen un estricto régimen de seguridad de la información y se desarrollan de forma paralela.

Enfoque Vertical

El desarrollo de cada módulo responde a un modelo multicapas.

1. Capa interfaz
2. Capa lógica del negocio
3. Capa acceso a datos

2.10. Propuesta de desarrollo.

Teniendo en cuenta todo lo argumentado anteriormente y dadas las necesidades de nuestra universidad nos hemos planteado la propuesta de desarrollar un Sistema de Información Geográfica sobre web (aplicación web) que implemente la especificación Web Map Services (WMS) definida por OGC. El mismo hará uso de las facilidades que brinda UMN MapServer.

Nuestra aplicación tendrá una arquitectura cliente/servidor de tres capas con enfoque horizontal debido a que contará con los módulos de administración y de visualización de mapas y enfoque vertical ya que será dividido en las capas de Interfaz, Lógica de Negocio y Acceso a datos. Los lenguajes de programación serán PHP y JavaScripts y como gestor de base de datos usaremos PostgreSQL y su extensión PostGIS para los datos geográficos. Como metodología de desarrollo se utilizará RUP.

Conclusiones

Hemos realizado a través de este capítulo un análisis de las tecnologías de punta acerca del tema de los SIG en el mundo abordando incluso tecnologías que no serán desarrolladas en nuestro trabajo pero sobre las que creemos importante que exista al menos un pequeño conocimiento dada su fuerte relación con el tema y por supuesto exhortamos que se desarrollen en futuros trabajos y nos estamos refiriendo a temas como los Web Features Services (WFS) y Web Coverages Services (WCS). Se fundamentó la elección del lenguaje de programación, el sistema gestor de bases de datos, la metodología de desarrollo del software a utilizar y además el uso de otras tecnologías. Finalmente se planteó la propuesta que incluye dichos aspectos.



CAPÍTULO

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

3.1 Introducción

En este capítulo se hace la descripción de la propuesta por este trabajo. En el presente se describen los procesos del negocio que tiene que ver con el objeto de estudio. Para poder entender mejor el contexto en que se ubica el sistema se definen conceptos que se agrupan en un Modelo de Negocio.

Enumeramos aquí tanto los requisitos funcionales como los no funcionales que debe tener el sistema que se propone, lo que permite hacer una concepción general del sistema, e identificar mediante un Diagrama de Caso de Uso, las relaciones de los actores que interactúan con el sistema, y las secuencias de acciones con las que interactúan.

3.2 Descripción de los procesos del negocio propuestos.

Como ya hemos dicho anteriormente hoy nuestra universidad no cuenta con un sistema de información geográfica lo que imposibilita que la toma de decisiones a la hora de la construcción de un edificio o la ubicación de cualquier otra construcción tenga las ventajas que estos brindan.

Por supuesto dentro del proceso de informatización de nuestro centro está la creación del sistema que en este trabajo proponemos.

Luego que esté funcionando nuestra aplicación será mucho más fácil tomar una serie de decisiones que en la actualidad se hacen muy engorrosas como por ejemplo localizar un edificio, determinar donde construir un docente, saber que distancia hay entre dos construcciones, etc.

En estos momentos debido a la ausencia de un SIG todos estos procesos se tienen que hacer en el terreno necesitando de una mayor cantidad de personas y por supuesto de un mayor esfuerzo por parte de estas personas.

3.3 Modelo del Dominio.

Teniendo en cuenta las descripciones de los procesos en el epígrafe anterior, nos damos cuenta de que el negocio que estamos estudiando, tiene muy bajo nivel de estructuración.

Por tanto trataremos de dar un enfoque a todo el proceso de toma de decisiones.

Para ello nos basaremos en un modelo del dominio, ya que nos permite de manera visual mostrar al usuario los principales conceptos que se manejan en el dominio del sistema en desarrollo. Esto ayuda a los usuarios, clientes y desarrolladores e interesados, a utilizar un vocabulario común para poder entender el contexto en que se emplaza el sistema. Para capturar correctamente los requisitos y poder construir un sistema correcto se necesita tener un firme conocimiento del funcionamiento del objeto de estudio. Este modelo va a contribuir posteriormente a identificar algunas clases que se utilizarán en el sistema. Primeramente vamos a identificar todos los conceptos que se utilizarán en el diagrama, mediante un glosario de términos sobre los nombres:

Conceptos del Modelo del Dominio:

Componente de Capa: Un elemento es la unidad de información básica de la geometría. Los tipos espaciales apoyados del componente de una capa son puntos, líneas, y polígonos.

Geometría: Es la representación de una característica espacial, modelada como conjunto ordenado de elementos primitivos. Puede consistir en un solo elemento o una colección (homogénea o heterogénea) de elementos.

Layer (Capa): Una capa es una colección de geometrías homogéneas, es decir, tienen el mismo conjunto de atributos.

Mapa: Un mapa es un conjunto de capas superpuestas.

Usuario: Son actores que acceden a la base de datos donde está almacenado el mapa y en dependencia del rol que posean podrán visualizarlo.

Los conceptos de más relevancia durante el desarrollo de la aplicación, se relacionan entre sí para dar a conocer el dominio de la información del sistema. Esto se representa a continuación en la **Fig.3.1:**

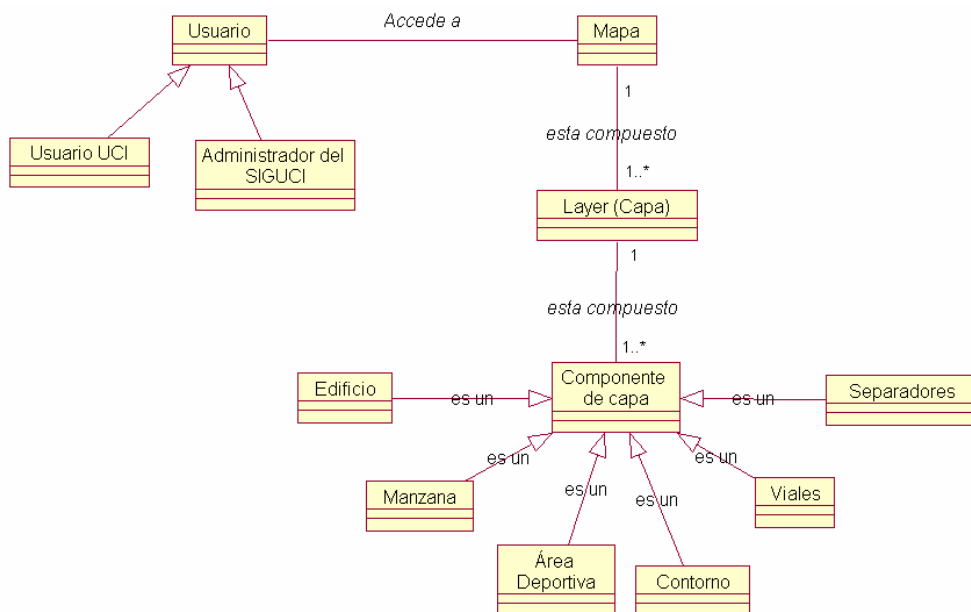


Fig.3.1 Modelo de dominio.

3.3.1 Descripción del Modelo de Dominio

Los usuarios que interactúan son el administrador del sistema y un usuario estándar, estos acceden según su rol en el sistema a los diferentes mapas que están almacenados en la base de datos, los que de manera automática se visualizan.

Un mapa está creado por varias capas y cada una de estas por un conjunto de elementos de una misma geometría, es decir, un mapa lo componen varias figuras diferentes como líneas, polígonos y puntos, separadas cada una por capas independientes que están compuestas por elementos de un mismo tipo.

3.4 Especificación de Requisitos.

A continuación enumeraremos los requisitos funcionales y no funcionales del sistema, para una mejor comprensión del mismo. Además, haremos un análisis de los principales casos de uso del sistema.

3.4.1 Requerimientos funcionales

R1: Autenticar usuario

1. Introducir nombre de usuario y contraseña.
2. Validar datos introducidos.
3. Mostrar al usuario las opciones a las que tiene acceso según el rol o permiso que tiene asignado.

R2: Seleccionar un objeto del mapa.

1. Seleccionar un objeto del mapa.

Selección mediante de un rectángulo.

R3: Mostrar mapa.

1. Mostrar un Mapa
 - 1.1 Mostrar el Mapa desde la BD.
 - 1.2 Mostrar el mapa desde un fichero.
 - 1.3 Mostrar el mapa desde una url online.

R4: Acercar mapa.

1. Acercar mapa.

R5: Alejar mapa.

1. Alejar mapa.

R6: Centrar un área del mapa.

1. Centrar un área del mapa.

R7: Mover una región del mapa.

1. Mover una región del mapa.
 - 1.1 Mediante el Mouse.
 - 1.2 Mediante flechas de dirección.

R8: Mostrar mapa inicial.

1. Mostrar el mapa inicial.

R9: Cambiar vista del mapa.

1. Ir a la vista anterior o a la siguiente vista del mapa.

R10: Obtener información.

1. Obtener información del punto donde se realice un clic del mouse.

R11: Obtener coordenadas.

1. Obtener coordenadas.
 - 1.1 Mediante el movimiento del Mouse sobre el mapa.

1.2 Mediante la selección con el clic sobre una punto del mapa.

1.3 Mediante la selección por teclado de las coordenadas del mapa.

R12: Hacer medición.

1. Hacer Medición.

1.1 A un área.

1.2 Entre dos puntos.

R12: Mostrar Capas.

1. Selección de capas mostradas en la vista del Mapa.

R13: Mostrar Leyenda.

1. Mostrar leyenda.

R14: Localizar Entidad

➤ Efectuar una búsqueda de un elemento que esté accesible desde cualquier capa en el mapa y mostrar su ubicación en el mapa.

1. Estos elementos pueden ser:

1.1 Un edificio.

R15: Realizar Cambios.

Realizar cambios administrativos en el SIG.

1. Añadir Servicio de Mapas.

2. Añadir Usuario.

3. Añadir Interfaz de Usuario.

3.4.2 Requerimientos no funcionales

Interfaz externa

1. Diseño sencillo con mayor uso del mouse y con pocas entradas por teclado, interfaz web amigable y que permita a usuarios no familiarizados un uso extensivo de la aplicación.

Portabilidad

2. Sistema multiplataforma.

Hardware

3. Requerimientos mínimos de hardware, puede estar instalada en una PC Pentium, 256 Mb de RAM o menos y una tarjeta de red de 50 - 100Mbps, es importante destacar que los accesos al sistema dependen del buen funcionamiento de la red.

Software

4. Como el sistema es multiplataforma se puede tener instalado en el servidor cualquier sistema operativo, los lenguajes de programación serán PHP y JavaScript y el gestor de base de datos será PostGreSQL.
5. Cualquier navegador.

Confidencialidad

6. El sistema estará basado en la política de software libre por lo que su código estará disponible para los usuarios que deseen hacerle cambios.

Seguridad

7. Identificar al usuario antes de que pueda realizar cualquier acción sobre el sistema.
8. Garantizar que las funcionalidades del sistema se muestren de acuerdo al nivel de usuario que esté activo.
9. Verificación sobre acciones irreversibles (eliminaciones).

Funcionalidad

10. Mínima cantidad de páginas para ejecutar todas las funciones posibles (preferentemente que estén relacionadas).

3.4 Descripción del Sistema propuesto

Con la idea de cumplir con los objetivos que nos propusimos y teniendo en cuenta cada uno de los requerimientos antes planteados hemos decidido que el sistema a desarrollar debe tener dos módulos: el modulo de administración del sistema y el modulo para la visualización de mapas.

También se han definido dos roles principales para el uso del sistema y sus funcionalidades, ellos son: el usuario que puede solo visualizar los mapas y realizar operaciones básicas sobre dicho mapa y el administrador del sistema que puede realizar cualquier acción sobre el sistema, dígame creación de nuevos roles, inserción de funcionalidades o mapas, etc.

Destacamos que hemos dividido el trabajo en dos ciclos uno para crear el módulo de visualización de mapas que es el que más le urge a la universidad en este momento y otro para la creación del módulo de administración que lleva consigo toda una tarea para integrar el sistema a las otras aplicaciones que existen ya en la escuela.

3.5 Modelo de casos de uso del sistema

En este epígrafe enumeraremos los actores del sistema así como daremos una breve descripción de sus principales casos de uso.

3.5.1. Definición de los actores del sistema

Actores	Descripción
Administrador	Tiene todos los privilegios para operar con la base de datos que utiliza el sistema. Puede agregar, eliminar o modificar datos de los usuarios del sistema, así como agregar mapas, servicios de mapas en web y funcionalidades sobre estos., además de ejecutar las funcionalidades básicas sobre dichos mapas y las búsquedas
Usuario	Es la persona que utiliza el sistema para visualizar los mapas y realizar las funciones básicas sobre este, además de las búsquedas.
Integrador	Tiene los mismos privilegios que el Usuario, o sea utiliza el sistema para visualizar los mapas y realizar las funciones básicas sobre este, además de las búsquedas.

Tabla.3.1. Actores del sistema.

3.5.2. Casos de uso del sistema

A continuación se presentan en las Tablas de la **Tabla.3.2** a la **Tabla.3.5** los casos de uso determinados para satisfacer los requerimientos funcionales de sistema:

CU -1	Autenticarse
Propósito:	Permitir el acceso al sistema de mapas, otorgándole a cada usuario los privilegios de acceso que le corresponden.
Actores:	Administrador, Usuario
Resumen:	El CU se inicia cuando el usuario introduce en el sistema su nombre de usuario y contraseña, el sistema verifica la validez de estos datos para determinar sus privilegios de acceso.
Referencias:	R1

Tabla.3.2. CU Autenticarse.

CU -2	Realizar Operaciones Básicas
Propósito:	Realizar operaciones básicas que permitan al usuario trabajar con el mapa que se muestra.
Actores:	Administrador, Usuario
Resumen:	El CU se inicia cuando el usuario desea hacer alguna operación sobre el mapa que se muestra. El sistema identifica cual operación va a realizar el usuario sobre el mapa y da respuesta de esta.
Referencias:	R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12,R13

Tabla.3.3. CU Realizar Operaciones Básicas.

CU - 3	Localizar Entidad
Propósito:	Localizar cualquier entidad de la capa edificios que exista dentro del mapa.
Actores:	Administrador, Usuario.
Resumen:	El CU se inicia cuando el usuario elige la opción Buscar. El sistema automáticamente llena los campos de parámetro de la búsqueda y el nombre del mapa y realiza la búsqueda.
Referencias:	R14

Tabla.3.4. CU Localizar Entidad.

CU -4	Realizar Cambios
Propósito	Realizar cambios en el sistema de información para una mejor personalización y seguridad.
Actores:	Administrador
Resumen:	El CU se inicia cuando el usuario elige la opción realizar cambios.
Referencias:	R15

Tabla.3.5. CU Realizar Cambios.

3.6 Expansión de los casos de uso

Caso de uso Autenticarse.	
Propósito	Permitir el acceso al sistema de mapas, otorgándole a cada usuario los privilegios de acceso que le corresponden.
Actores:	Administrador, Usuario
Resumen:	El CU se inicia cuando el usuario introduce en el sistema su usuario y contraseña, el sistema verifica la validez de estos datos para determinar sus privilegios de acceso.
Referencias:	R1
Acción del actor:	Respuesta del sistema:
1- El usuario accede al sistema.	1.1 - El sistema solicita su nombre de usuario y contraseña.
2 - El usuario introduce los datos solicitados.	2.1 - El sistema verifica que los datos sean correctos.
	2.2 - Visualiza las opciones que se corresponden con el nivel de acceso del usuario.
Flujo alternativo	
Acción 2.1	El sistema verifica que los datos son incorrectos y muestra un mensaje de error. Pasa directamente a la acción 2.

Tabla.3.6. Expansión CU Autenticarse.

Este caso de uso está dividido en varias secciones.

Caso de Uso Realizar Operaciones Básicas	
Propósito	Realizar operaciones básicas que permitan al usuario trabajar con el mapa que se muestra.
Actores:	Administrador, Usuario
Resumen:	El CU se inicia cuando el usuario desea hacer alguna operación sobre el mapa que se muestra. El sistema identifica cual operación va a realizar el usuario sobre el mapa y da respuesta de esta.
Referencias:	R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12,R13
Acción del actor:	Respuesta del sistema:
1 - Realiza una acción básica sobre el mapa.	<p>1.1 - El sistema ejecuta alguna de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acercar Mapa (Ir a Sección Acercar Mapa). • Alejar Mapa (Ir a Sección Alejar Mapa). • Centrar un área del mapa (Ir a Sección Centrar). • Acercar por Rectángulo (Ir a Sección Acercar por Rectángulo). • Obtener Información (Ir a Sección Obtener Información) • Mover región del mapa (Ir a Sección Mover Mapa) • Mover región del mapa mediante flechas (Ir a Sección Mover mapa mediante flechas) • Mostrar el mapa inicial. (Ir a Sección Mapa Inicial) • Ir a la vista anterior del mapa. (Ir a Sección Vista anterior del mapa) • Ir a la siguiente vista del mapa. (Ir a Sección Vista siguiente del mapa) • Obtener coordenadas en Movimiento.(Ir a Sección Coordenadas en Movimiento)

	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener Coordenadas dadas por teclado. (Ir a Sección Coordenadas por teclado) • Hacer Medición. (Ir a Sección Hacer Medición) • Selección de capas mostradas en la vista del Mapa. (Ir a Sección Capas Mostradas en la vista del mapa) • Mostrar leyenda. (Ir a Sección Mostrar Leyenda)
Sección Alejar Mapa	
2 - El usuario presiona el botón izquierdo del mouse sobre el botón Acercar	2.1 - Determina coordenadas del clic.
	2.2 - Centra y amplía el mapa en la pantalla usando las coordenadas determinadas.
Sección Alejar Mapa	
2 - El usuario presiona el botón izquierdo del mouse sobre el botón Alejar	2.1 - Determina coordenadas del clic.
	2.2 - Reduce el mapa en la pantalla usando las coordenadas.
Sección Centrar	
2 - El usuario presiona el botón izquierdo del mouse sobre el botón Centrar	3.1 - Centra la vista del mapa que se está mostrando.
Sección Acercar por rectángulo	
2 - El usuario selecciona el botón Acercar por rectángulo.	
3 - El usuario da clic sobre las coordenadas iniciales de uno de los puntos del rectángulo y luego arrastra el Mouse manteniendo el clic izquierdo apretado hasta las coordenadas finales que desea.	3.1 - Muestra con otro color el área o polígono sobre el cual se hizo Clic.
	3.2 - Amplía el mapa en la pantalla usando las coordenadas determinadas.
Flujo Alternativo	
Acción 3.1	El sistema no muestra de otro color ninguna región puesto que el rectángulo realizado no

	incluye ninguna región específica dentro del mapa.
Sección Obtener Información	
2 - El usuario selecciona el botón Obtener Información.	
3 - El usuario presiona el botón izquierdo del mouse sobre la región del mapa que desea identificar.	3.1 – El sistema muestra una ventana con los resultados de las capas que se encuentran donde se hizo clic.
Flujo Alternativo	
Acción 3.1	El sistema muestra una ventana informando al usuario que en esas coordenadas no hay capas que brinden información
Sección Mover Mapa	
2 - El usuario selecciona el botón Mover Mapa.	
3 - El usuario presiona el botón izquierdo del mouse sobre una zona del mapa y sin soltar dicho botón va a mover el Mouse en cualquier dirección que desee.	3.1 El sistema va a mover el mapa en la misma dirección que vaya el mouse hasta que el usuario libere la presión del botón.
Sección Mover Mapa mediante flechas	
2 - El usuario presiona las flechas que se encuentran en el borde del área dentro de la cual se encuentra el mapa.	2.1 – El sistema se encarga de mover el mapa según un área determinada en la misma dirección que indica la flecha sobre la cual se hace clic.
Sección Mostrar el mapa inicial.	
2 - El usuario presiona el botón izquierdo del mouse sobre el botón Mapa Inicial.	2.1 – El mapa vuelve a la vista inicial o sea la que apareció por primera vez y que por lo general muestra el mapa completo.
Sección Vista anterior del mapa	
2 – El usuario presiona el botón izquierdo del mouse sobre el botón Ir Atrás	2.1 - El mapa vuelve a la vista anterior.
Flujo alternativo	
Acción 3	El botón está deshabilitado debido a que no hay vistas anteriores por lo que el sistema no puede

	mostrar vistas anteriores.
Sección Vista siguiente del mapa	
2 – El usuario presiona el botón izquierdo del mouse sobre el botón Ir Alante	2.1 - El mapa vuelve a la vista anterior.
Flujo Alternativo	
Acción 3	El botón está deshabilitado debido a que no hay vistas anteriores por lo que el sistema no puede mostrar vistas anteriores.
Sección Coordenadas en Movimiento	
2 – El usuario presiona el botón izquierdo del mouse sobre el botón Coordenadas	
3 – El usuario desplaza el Mouse sobre el área donde esta el mapa.	3.1- El sistema muestra las coordenadas por las que se mueve la flecha del Mouse en una región fuera del área donde esta el mapa.
4 – El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el área donde esta el mapa.	4.1 – El sistema muestra las coordenadas donde se hizo clic fuera del área donde se encuentra el mapa.
Flujo Alternativo	
Acción 3	Las coordenadas no varían su valor debido a que el Mouse se mueve o hace clic fuera del área donde se encuentra el mapa.
Sección Coordenadas dadas por teclado	
2 – El usuario entra coordenadas por teclado a través.	
3 – El usuario desplaza el Mouse sobre un botón.	3.1- El sistema muestra el punto donde se encuentran las coordenadas que el usuario proporcionó haciendo una marca sobre el mapa.
4 – El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el botón Marcar coordenadas.	4.1 – El sistema centra el área que se está mostrando del mapa y muestra el punto donde se encuentran las coordenadas que el usuario proporcionó haciendo una marca sobre el mapa.
Flujo Alternativo	

Acción 5	El sistema no hace nada porque no se han entrado coordenadas.
Acción 3	El sistema muestra un error porque las coordenadas son inválidas.
Sección Hacer Medición	
2 – El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el botón Mediciones.	
3 – El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el botón Longitud.	
4 – El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el área del mapa donde están las coordenadas desde donde quiere empezar la medición.	4.1 – El sistema muestra un punto en otro color donde se hizo clic.
	4.2 - Aparece un cero en la flecha del Mouse señalando la longitud en ese momento.
5 – El usuario desplaza el Mouse por el área donde esta el mapa.	5.1- El sistema muestra la longitud recorrida (en metros) por la flecha del Mouse en la parte superior de esta.
6 – El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el área del mapa donde están las coordenadas hasta donde quiere terminar la medición.	6.1 - El sistema muestra una línea entre los puntos seleccionados con la longitud recorrida.
	6.2 – Se pone en cero nuevamente la longitud señalada sobre la flecha del Mouse.
Flujo Alternativo	
Acción 7	El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse dos veces. El sistema crea un polígono trazando una línea entre el último y el primer punto donde el usuario hizo clic.
Acción 8	El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el botón Información de Medidas. El sistema muestra una ventana con la longitud y el área total trazadas hasta ese momento
Acción 9	El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el botón Borrar Medidas. El sistema elimina todas las medidas realizadas hasta ese momento.

Sección Capas Mostradas en la vista del mapa	
2 – El usuario presiona el botón izquierda sobre el inspector de carpetas.	2.1 – El sistema despliega el inspector de carpetas.
	2.2 – El sistema muestra las carpetas que constituyen el mapa.
3 – El usuario presiona el botón izquierdo sobre el check box que nombra la capa que desea marcar (desmarcar).	3.1 - El sistema marca (desmarca) el check box que nombra la capa.
	3.2 – El sistema actualiza la vista del mapa visualizando las capas actuales.
Sección Mostrar Leyenda	
2 – El usuario presiona el botón izquierdo sobre el check box de la leyenda.	2.1 – El sistema marca (desmarca) el check box de la leyenda.
	2.2 – El sistema muestra (oculta) las imágenes que asocian las capas con los colores con que estas se representan en el mapa.

Tabla.3.7.CU Realizar Operaciones Básicas.

Caso de Uso Localizar Entidad.	
Propósito:	Localizar cualquier entidad de la capa edificios que exista dentro del mapa.
Actores:	Administrador, Usuario.
Resumen:	El CU se inicia cuando el usuario elige la opción Buscar. El sistema automáticamente llena los campos de parámetro de búsqueda y el nombre del mapa y realiza la búsqueda.
Referencias:	R14
Acción del actor:	Respuesta del sistema:
1 - El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el combobox Búsquedas.	1.2 – El sistema despliega el combobox Búsquedas.
2 - El usuario selecciona el parámetro de búsqueda que desea.	2.1 - El sistema muestra el nombre del parámetro escogido en el combobox Búsquedas.
	2.2 – El sistema activa el combobox Selecciones.
3 - El usuario selecciona el parámetro de	3.1 - El sistema muestra el nombre del parámetro

búsqueda que desea en el combobox Selecciones.	escogido en el combobox Selecciones.
4 - El usuario desplaza el Mouse sobre el botón Buscar.	4.1 - El sistema busca según los parámetros seleccionados el elemento que contenga la cadena de búsqueda.
	4.2 - El sistema muestra con un punto intermitente el lugar en el mapa donde se encuentra el elemento buscado.
4 - El usuario presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el botón Buscar.	4.1 - El sistema busca según los parámetros seleccionados el elemento que contenga la cadena de búsqueda.
	4.2 - El sistema centra el mapa tomando las coordenadas que indican el centroid de la entidad seleccionada.
	4.3 - El sistema muestra con un punto intermitente el lugar en el mapa donde se encuentra el elemento buscado.
	4.4 - El sistema acerca la vista del mapa.

Tabla.3.8. Expansión CU Localizar Entidad.

Este caso de uso está dividido en varias secciones.

Caso de Uso Realizar Cambios	
Propósito	Realizar cambios en el sistema de información para una mejor personalización y seguridad.
Actores:	Administrador
Resumen:	El CU se inicia cuando el usuario elige la opción realizar cambios.
Referencias:	R15
Acción del actor:	Respuesta del sistema:

1 - Realiza un cambio en el SIG.	<p>1.1 - El sistema ejecuta alguna de las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Añadir Servicio de Mapas (Ir a Sección Añadir Servicio de Mapas). • Añadir Usuario (Ir a Sección Añadir Usuario). • Añadir Interfaz de Usuario (Ir a Sección Añadir Interfaz de Usuario).
Sección Añadir servicio de Mapas	
2 - El administrador presiona el botón izquierdo del mouse sobre el vínculo Añadir Usuario.	2.1 – Muestra la interfaz para añadir el Usuario.
3 – El administrador entra por teclado los datos del usuario.	
4 – El administrador presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el botón Añadir Servicio de Mapas.	4.1 El sistema verifica si los datos son correctos.
	4.2 Si los datos son correctos se crea el usuario.
Flujo alternativo	
Acción 4.2	Si los datos son incorrectos el sistema muestra un mensaje de error
Sección Servicio de Mapas	
2 - El administrador presiona el botón izquierdo del mouse sobre el vínculo Añadir Servicio de Mapas.	2.1 – Muestra la interfaz para añadir el usuario.
3 – El administrador entra por teclado la URL desde donde se cargará el mapa.	
4 – El administrador presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el botón Añadir Servicio de Mapas.	4.1 El sistema verifica si los datos son correctos.
	4.2 Si los datos son correctos se cargan los datos del mapa.
Flujo alternativo	

Acción 4.2	Si los datos son incorrectos el sistema muestra un mensaje de error
Sección Añadir Interfaz de Usuario	
2 - El administrador presiona el botón izquierdo del mouse sobre el vínculo Añadir Interfaz de Usuario.	2.1 - Muestra la interfaz para añadir la Interfaz de Usuario.
3 - El administrador entra por teclado los datos de la Interfaz de usuario.	
4 - El administrador presiona el botón izquierdo del Mouse sobre el botón Añadir Interfaz de Usuario.	4.1 El sistema verifica si los datos son correctos.
	4.2 Si los datos son correctos se crea la Interfaz de Usuario.
Flujo alternativo	
Acción 4.2	Si los datos son incorrectos el sistema muestra un mensaje de error

Tabla.3.8. Expansión CU Realizar Cambios.

3.5.3 Diagrama de casos de uso

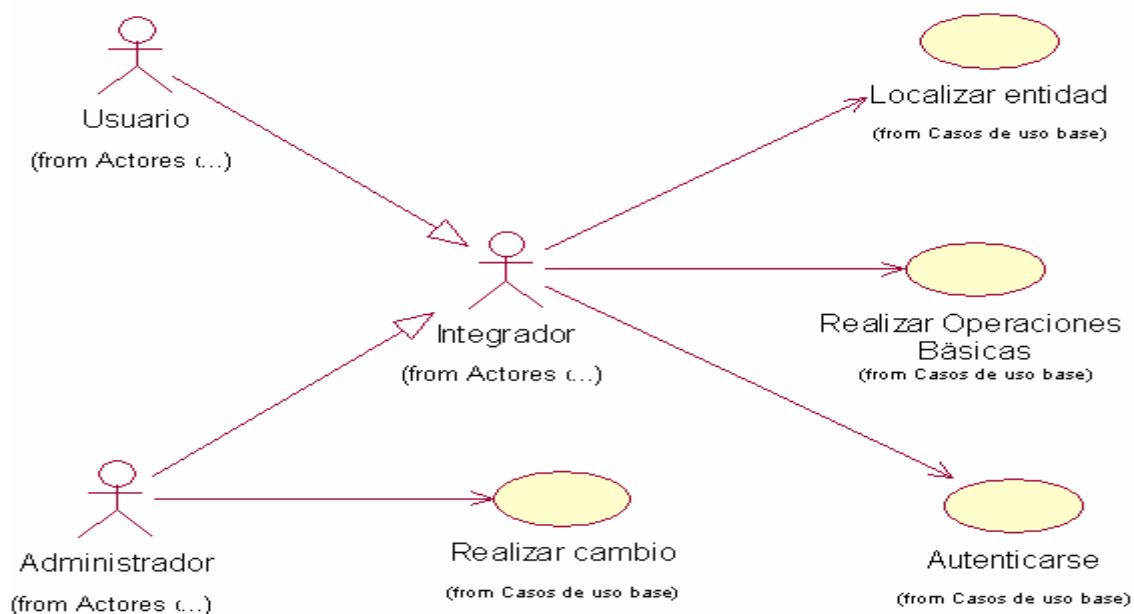


Figura 3.2 Diagrama de casos de uso del sistema

3.7 Conclusiones.

En este capítulo se comenzó a profundizar en el desarrollo de la propuesta de solución, obteniéndose una lista de las funcionalidades que debe tener el sistema, estas fueron representadas mediante un Diagrama de Casos de Uso, y finalmente fueron descritas todas las acciones que realizan los actores y el sistema en general. A partir de aquí se puede comenzar a construir el sistema, cumpliendo con todos los requerimientos y las funcionalidades que consideramos en este capítulo.



CAPÍTULO

CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.

4.1. Introducción

En el presente capítulo se realiza el diseño de nuestra propuesta. Se presentan el modelo de datos, los estándares de interfaz, los principios de diseño, concepción general de la ayuda, el tratamiento de excepciones, etc.

4.2. Modelo de análisis

Mediante este flujo se profundiza en el dominio de la aplicación. Nos permite una mayor comprensión del problema para modelar la solución. Además, ofrece un mayor poder expresivo y una mayor formalización.

4.2.1. Diagramas de Clases de Análisis

Las clases de análisis están centradas en los requisitos funcionales y son evidentes en el dominio del problema porque representan conceptos y relaciones del dominio. Dichas clases tienen atributos y existen relaciones de asociación, agregación / composición, generalización / especialización y tipos asociativos entre ellas. Estas clases se clasifican en:

- Entidad: Modelan información que posee larga vida y que es a menudo persistente.
- Interfaz: Modelan la interacción entre el sistema y sus actores.
- Control: Coordinan la realización de uno o unos pocos casos de uso coordinando las actividades de los objetos que implementan la funcionalidad del caso de uso.

El diagrama de clases del análisis es un artefacto en el que se representan los conceptos en un dominio del problema. Representa las cosas del mundo real, no de la implementación automatizada. Anexo I.

4.3. Diagramas de clases Web.

A diferencia del resto de los diagramas de clases en el que se construye para las aplicaciones web son más importantes la modelación de la lógica y estado del negocio que los detalles de presentación. Se opta en este caso por modelar los artefactos del sistema, es decir: modelar las páginas, los enlaces entre estas, todo el código que irá creando las páginas, así como el contenido dinámico de estas, una vez que estén en el navegador del cliente para obtener un nivel correcto de abstracción y detalle que nos permita obtener un resultado final.

De acuerdo a la forma en que hemos organizado el contenido del trabajo, consideramos que se debe presentar los modelos organizados por paquetes (que coinciden con los casos de uso), y subpaquetes, de forma que pueda entenderse mejor la lógica del negocio.

Paquete 1. Realizar Operaciones Básicas: A – Acercar. B – Alejar. C – Mover. D – Repintar. E – Acercar por Rectángulo. F – Medidas. G – Información. H – Ayuda. I – Cambiar Centro. J – Atrás. K - Alante L – Mapa Inicial. I

Paquete 2. Localizar Entidad.

Paquete 3. Realizar cambios: A – Añadir Usuario. B – Añadir Interfaz de Usuario. C – Añadir servicio de Mapas.

Paquete 4. Autenticarse.

A continuación se presentan los diagramas de los paquetes que representan los procesos más importantes, ocultamos los atributos y las operaciones de algunas de las clases para facilitar la comprensión de los mismos.

Realizar Operaciones Básicas.

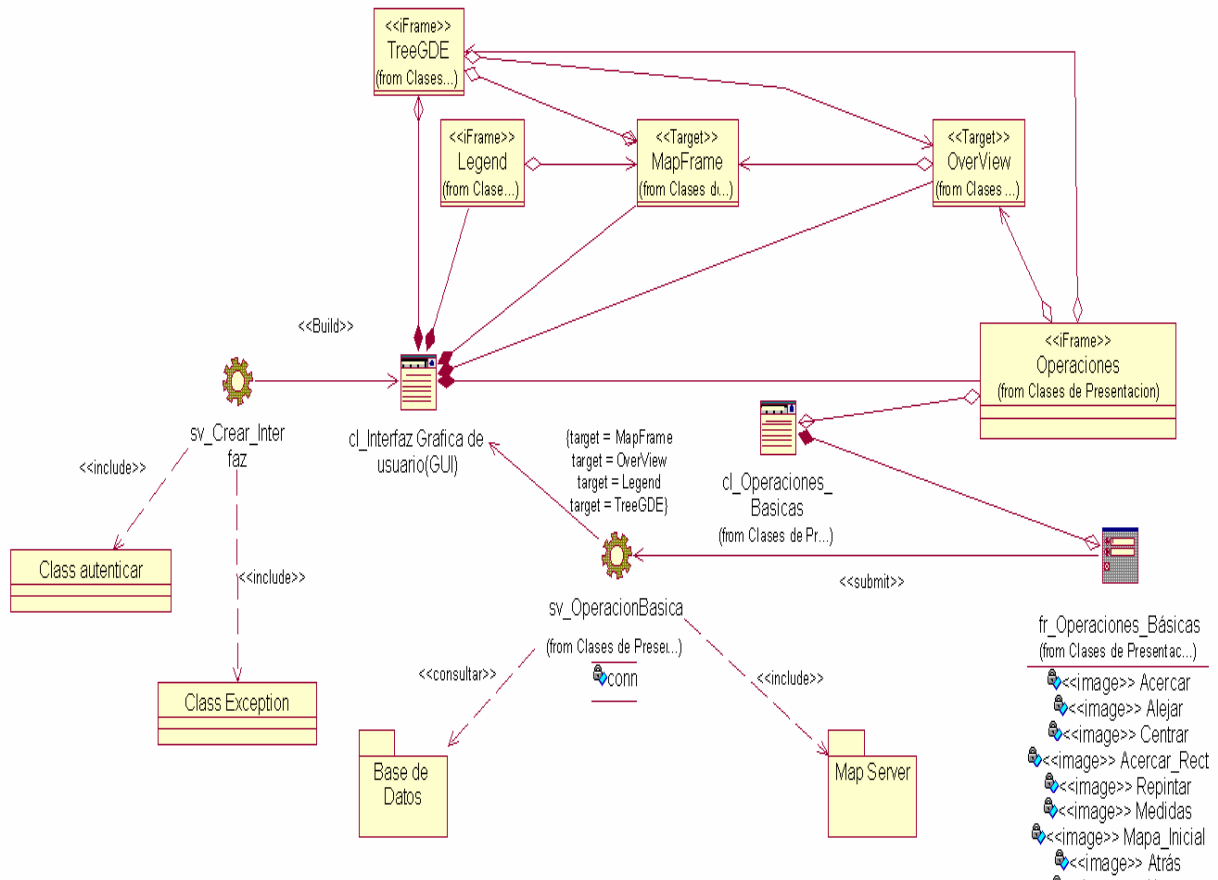


Fig.4.1 Diagrama de Clases Web. A – Acercar. B. Alejar. C – Mover. D – Repintar. E – Acercar por Rectángulo. F – Medidas. . I – Cambiar Centro. J – Atrás. K - Alante L – Mapa Inicial.

Como se puede observar coincide el diagrama para varios subpaquetes. Usando la herramienta Rational Rose se confeccionaron los demás diagramas web de este paquete pero no se adicionaron en este documento ya que como dijimos antes solo hemos incluido los más importantes.

Localizar Entidad.

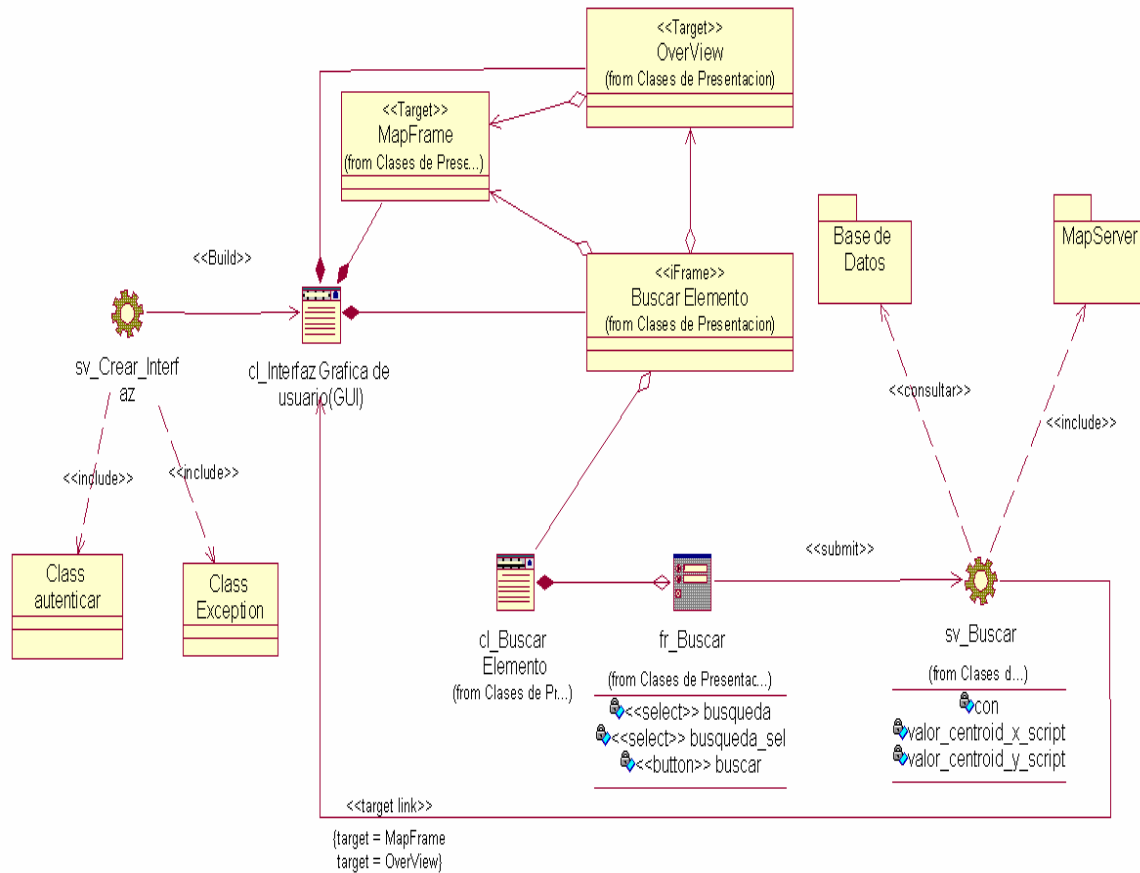


Fig.4.2 Diagrama de Clases Web. Localizar Entidad.

Realizar Cambios.

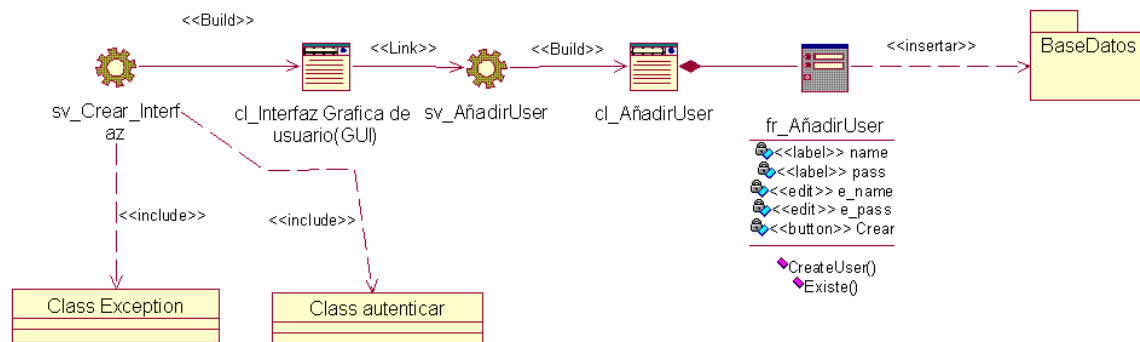


Fig.4.3 Diagrama de Clases Web. Realizar Cambios. A – Añadir Usuario.

Son bastante similares los diagramas para los demás subpaquetes de este paquete y por tanto tampoco se incluyeron en este documento.

Autenticarse.

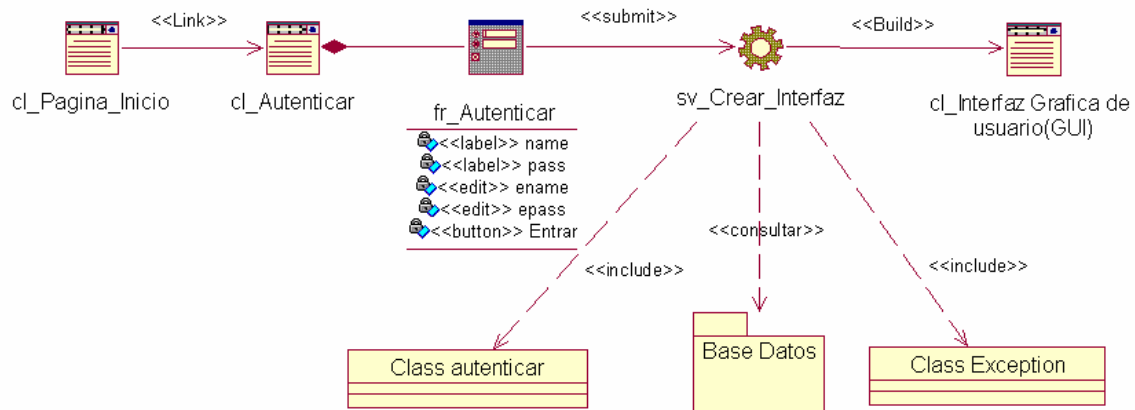


Fig.4.4 Diagrama de Clases Web. Autenticarse.

4.4. Modelo de Diseño.

En la fase de diseño se modela el sistema de manera que soporte todos los requisitos, tanto funcionales como no funcionales. La esencia de esta fase es la elaboración de diagramas de interacción, que muestran gráficamente como los objetos se comunican entre ellos a fin de cumplir con los requerimientos. Estos diagramas permiten la realización de los diagramas de clases del diseño, los cuales resumen la definición de las clases que se pueden implementar en el software.

4.4.1. Diagramas de Clases del Diseño

Como ya explicamos anteriormente la aplicación fue diseñada usando una arquitectura de tres capas. Teniendo en cuenta dicha arquitectura y atendiendo a las funcionalidades del sistema definimos 3 paquetes y estos a su vez en subpaquetes entre los cuales hemos dividido las principales clases.

El paquete de Interfaces que contiene las clases para la presentación de la aplicación al usuario y que esta dividido en dos subpaquetes: Administración: donde se encuentran las clases para mostrar la interfaz que permite administrar el sistema; e Interfaz Común, que contiene las clases para mostrar el mapa y permitir la navegación.

El paquete Lógica de Negocio contiene las clases relacionadas con la lógica de negocio de la aplicación y esta dividido en tres subpaquetes. Navegación Básica. Aquí se encuentran las clases para permitir al usuario la navegación básica en el SIG. Localizar Entidad, donde se

localizan las clases para localizar alguna entidad en el mapa y Realizar cambios, paquete donde están las clases para realizar los cambios en el mapa por parte del administrador.

El paquete Acceso a Datos que contiene las clases para todo el trabajo con los datos que usa la aplicación y que le permite a esta abstraerse del origen de los datos.

En el Anexo II se pueden ver estos paquetes, la mayoría de las clases de estos paquetes y subpaquetes se convirtieron en muchos ficheros. Recordemos que los diagramas de clases del diseño solo resumen la definición de las clases que se pueden implementar en el software.

4.4.2. Diagramas de interacción

Los diagramas de interacción se dividen en dos tipos de diagramas de UML, los diagramas de secuencia y los diagramas de colaboración. Para modelar los aspectos dinámicos de este sistema se utilizaron diagramas de secuencia por cada caso de uso. Anexo III

4.5. Diseño de la Base de Datos

Para diseñar la base de datos del sistema, utilizamos el diagrama de clases persistentes y el modelo de datos. Es válido decir que aquí se representan las clases wfs y wmc solo como la propuesta para un trabajo futuro. Las clases que modelamos en el diagrama de clases persistentes son aquellas que almacenan y obtienen datos durante los procesos de la aplicación. Se destaca que en el modelo de datos aparecen algunas entidades que no se incluyeron como clases en el diagrama de clases persistentes, todas esas entidades son dependientes de entidades que si se representaron en este diagrama. Aparecen también en el modelo de datos las entidades que contienen los componentes de las capas del mapa, el cual puede ser genérico, en este caso es el mapa de la universidad pero puede ser de otro lugar y estar formado por otras capas; el mismo depende de qué zona geográfica se desee analizar en el SIG y del proveedor del mapa.

4.5.1. Diagramas de Clases persistentes.

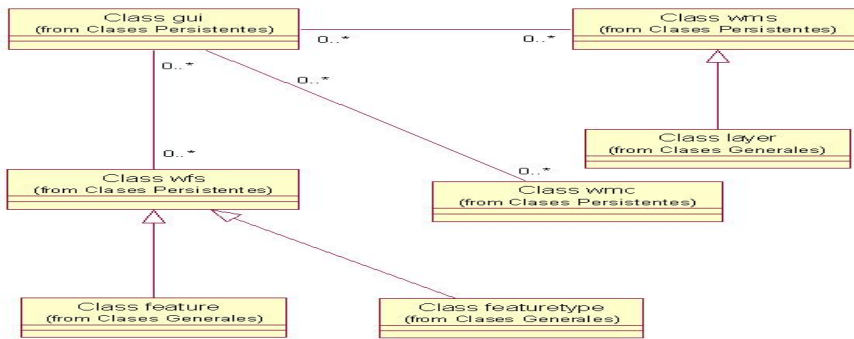


Fig. 4.5 Diagrama de clases persistentes.

4.5.2. Modelo de datos.

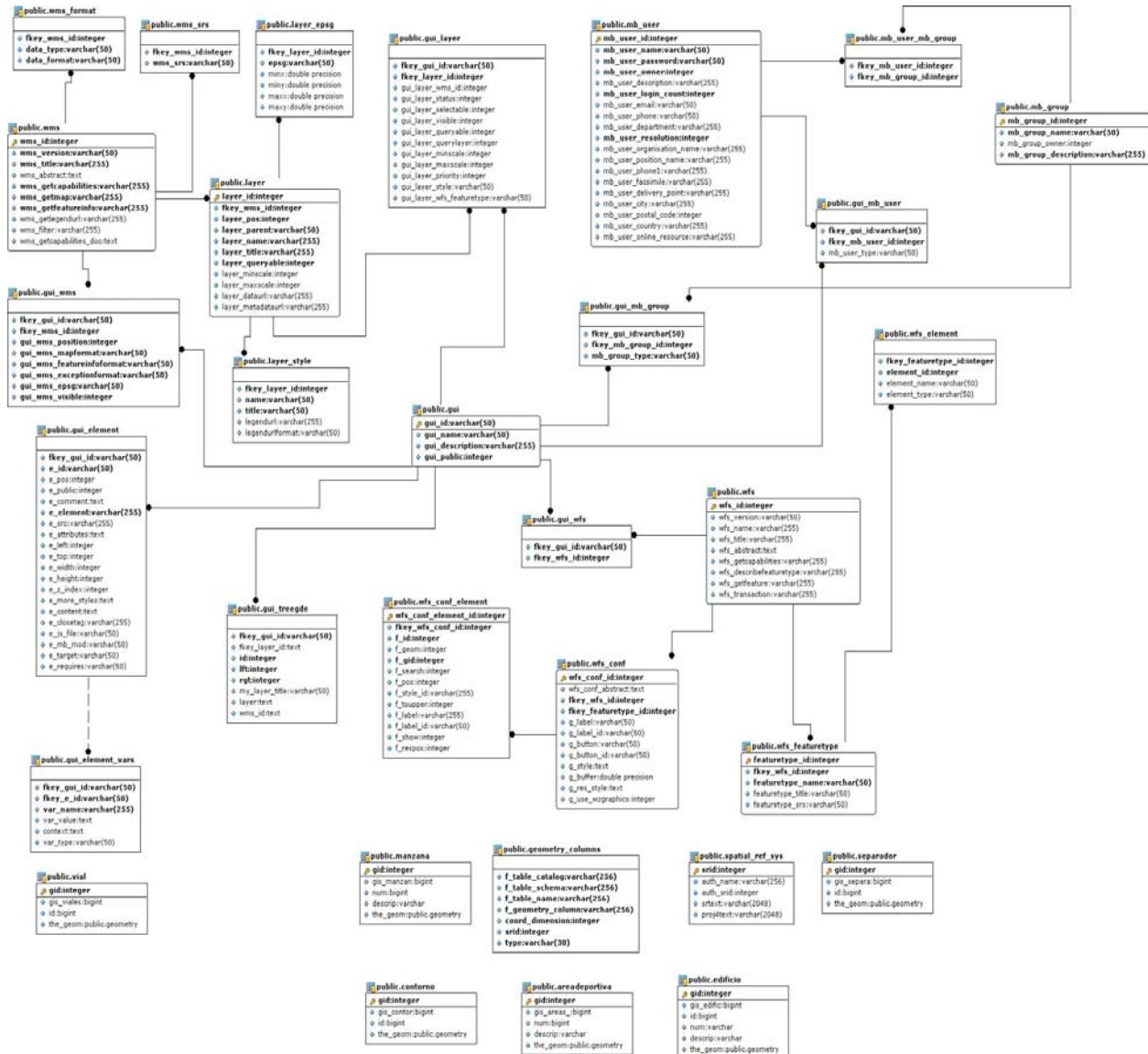


Fig. 4.6 Diagrama del modelo de la base de datos.

4.6. Principios de diseño.

El diseño de la interfaz de la aplicación es un elemento muy importante dado que este tiene que basarse en las necesidades del usuario que puede o no estar familiarizado con la informática, por lo tanto debe ser lo más amigable y comprensible posible. Es por ello que nos dimos la tarea de diseñar una buena interfaz y de hacer un buen diseño grafico con la mejor navegabilidad y usabilidad que pudimos lograr.

Para esto nos hemos propuesto las siguientes metas.

- Que para cada usuario solo sean mostradas y accesibles las opciones que le brinda su rol.
- Que cualquier persona que acceda a la aplicación requiera mínimo dominio de la informática para su utilización.

4.6.1. Estándares de la interfaz de la aplicación.

La página principal de la aplicación, se concibe como un portal, donde la funcionalidad principal ocupa la mayor parte de la página.

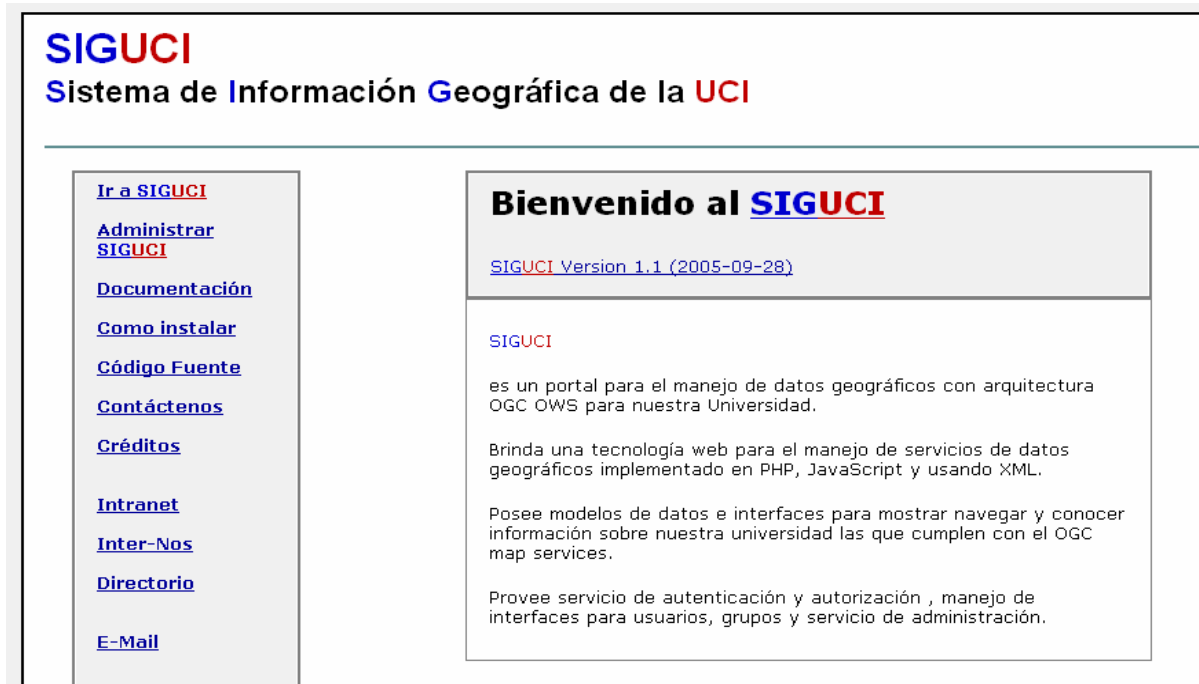


Fig. 4.7 Vista de la Página principal del SIGUCI.

La página cliente para el usuario común muestra en la parte superior izquierda un mapa de referencia, en la parte inferior izquierda aparece un treeview con las capas que contiene el mapa que se muestra en la parte superior aparecen combobox para la búsqueda y edits para localizar puntos. En el centro de la página aparece el navegador donde se encuentra el mapa y en la parte superior derecha aparece la leyenda.

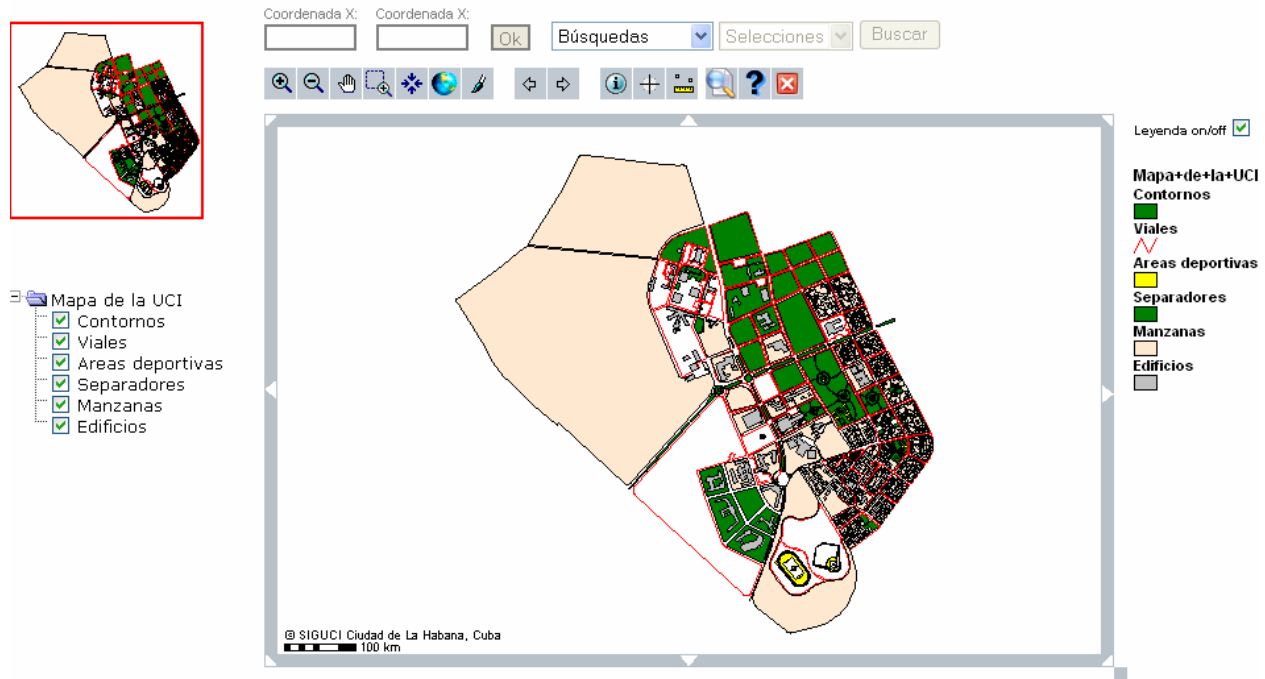


Fig. 4.8 Vista de la Página cliente para el usuario.

Para el diseño de las principales opciones se utilizaron imágenes acompañadas de textos que aparecen al desplazar el mouse sobre dichas imágenes y que describen la funcionalidad de estas, estas opciones se encuentran debajo de los combobox para realizar las búsquedas.



Fig. 4.9 Vista del Panel con las opciones de navegación.

4.6.2. Concepción General de la ayuda.

La ayuda está accesible como parte del menú en la página principal de la aplicación y también en el menú de opciones que se le muestran al usuario en la página cliente.



Fig. 4.10 Vista de la Opción para acceder a la ayuda desde la página cliente para el usuario.

4.6.3. Tratamiento de errores.

Sabemos que durante la ejecución de cualquier aplicación pueden aparecer múltiples errores por diversas causas, por lo que tratamos de capturar el mayor numero de estos.

Se creará una clase preparada para el tratamiento de excepciones y además se validará del lado del cliente utilizando javascripts que los datos suministrados por el usuario sean válidos y se almacenen íntegros y sin inconsistencias. Para lo cual, se verifican los campos obligatorios, y se revisa el tipo de datos, mostrándose en caso de algún error, mensajes de alerta.



Fig.4.11 Vista del Error mostrado al tratar de crear una GUI que ya existe.

4.7. Modelo de despliegue.

El modelo de despliegue describe la distribución física del sistema, muestra como están distribuidos los componentes de software entre los distintos nodos de cómputo. Permite comprender la correspondencia entre la arquitectura software y la arquitectura hardware. Anexo IV

4.8. Modelo de implementación.

El modelo de implementación describe cómo se implementan los elementos del modelo de diseño en términos de componentes. Describe también como se organizan y se relacionan unos con otros, definiendo un componente como el empaquetamiento físico de los elementos de un modelo, como es el caso de las clases del modelo de diseño. Anexo V

4.9. Conclusiones

En este capítulo se ha llevado a cabo la descripción de las clases y demás elementos necesarios para la implementación. Se obtuvo el diagrama de clases del sistema. Se definieron las clases persistentes y a partir de esto, se construyó el modelo de datos. Se expusieron las pautas seguidas para el diseño de la interfaz, y se explicó cómo está estructurada la aplicación físicamente, mediante los modelos de despliegue y de componentes.

CONCLUSIONES GENERALES

Luego del estudio realizado y del correspondiente diseño del sistema, se logró la implementación del Sistema de Información Geográfico de la UCI (SIGUCI), con un ambiente bastante cómodo para usuarios incluso poco familiarizados cumpliendo los estándares de diseño y usando la programación orientada a objetos.

Se desarrollo la propuesta tal y como habíamos dicho haciendo uso de las tecnologías de punta y las políticas de nuestra universidad de migración a software libre ya que usamos PHP y JavaScripts como lenguajes de programación y PostGreSQL como gestor de base de datos.

Se completó el desarrollo del módulo de Visualización de Mapas y se comenzó el desarrollo del módulo de administración a pesar de que no se pudo terminar, pero como habíamos dicho antes dejamos marcadas las pautas para su completamiento y la parte a la que se le dio desarrollo de este modulo se integró al módulo terminado.

Todo el sistema se representó mediante tecnología RUP y se modelaron todos los diagramas y representaciones necesarias.

De aquí la conclusión de que el trabajo ha sido un éxito porque se ha dado cumplimiento a los objetivos propuestos satisfactoriamente y se hacen además las recomendaciones para un trabajo futuro que mejore la calidad de nuestro proyecto.

RECOMENDACIONES

Recomendamos que se termine el módulo de administración propuesto para mejorar la seguridad y uso extensible de la aplicación.

Como hemos estado comentando a través de nuestro trabajo se recomienda añadir las funcionalidades de WFS y WMC al SIGUCI para lograr mejores resultados y mantener nuestra universidad a la vanguardia de la tecnología en cuanto a Sistemas de Información Geográfica.

Instamos a que se le añadan al mapa señalizaciones para las entidades para lograr una mejor navegación y también añadirle nuevas capas en correspondencia con las necesidades de nuestro centro.

Igualmente exhortamos a que sea mejorada la aplicación en todo lo que se crea útil y necesario para el uso de nuestra universidad.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **SIG:** Sistemas de Información Geográfica (**GIS** por sus siglas en inglés).
- **WMS (Web Map Services)** Servicios de Mapas en Web. Especificación emitida por OGC.
- **WFS (Web Features Services):** Servicios de rasgos (características) en Web. Especificación emitida por OGC.
- **WCS (Web Coverages Services):** Servicios de Coberturas en Web. Especificación emitida por OGC.
- **GML (Geographic Markup Language):** Lenguaje estándar de marcado basado en XML para el intercambio de información geográfica entre sistemas.
- **(SVG) Scalable Vector Graphics:** Lenguaje de marcado basado en XML para la representación de gráficos vectoriales en páginas Web
- **OGC (Open GIS Consortium).** Consorcio encargado de definir los estándares a seguir por los SIG. Es un consorcio internacional formado por 256 empresas, organismos estatales y universidades, que participan en un proceso para el desarrollo de especificaciones de interfaces disponibles para el público en general.
- **Internet:** Red de computadoras alrededor de todo el mundo que comparten información unas con otras por medio de páginas o sitios.
- **UML:** Lenguaje Unificado de Modelado. Es el lenguaje de modelado de sistema de software más conocido en la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Delgado, T., (2005). Infraestructuras de Datos Espaciales en países de bajo desarrollo tecnológico. Implementación en Cuba. Tesis de doctorado, Instituto Técnico Militar “José Martí”, Marzo 2005, La Habana, Cuba.

[2] Aronoff, S., (1987), Geographical Information Systems: A management perspective, Ottawa, WDL Pub., 294 pags.

[3] Ramón Rodríguez Menéndez, Víctor Manuel González Marroquín, José Ramón Redondo Morera, Alberto Peón Pelaez. STIPA - SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. UN ENFOQUE TECNOLÓGICO.

Disponible en: http://www.mappinginteractivo.com//plantilla-ante.asp?id_articulo=401#0

[4] OpenGis Consortium. GML - the Geography Markup Language

Disponible en: <http://www.opengis.net/gml/>

[5] Colectivo de autores disponible en la pagina web. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 Specification.

Disponible en: <http://www.w3.org/TR/SVG/intro.html>

[6] OpenGis Consortium. Web Feature Service Implementation Specification.

Disponible en: <http://www.opengis.org/techno/specs/02-058.pdf>

[7] OpenGis Consortium. Web Map Service Implementation Specification.

Disponible en: <http://www.opengis.org/techno/implementation.htm>

[8] OpenGis Consortium. Web Coverages Service Implementation Specification,

Disponible en: <http://www.opengis.org/techno/implementation.htm>

[9] El Agrimensor Chubutense. PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL COLEGIO PROFESIONAL DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y AGRIMENSURA DE LA PROVINCIA DEL CHUBUT (LEY N° 532) - MATRÍCULA DE AGRIMENSURA AÑO 7 – NÚMERO 12. AGOSTO DE 2005.

Disponible en: <http://www.agrimensoreschubut.org.ar/Publicacion/el-ag-ch-12.pdf>

[10] Infraestructura de Dades Espacials de Catalunya. Biblioteca de Terminología.

Disponible en: http://www.icc.es/idec/cas/bibterm.html#_W

[11] John D. Evans, NASA Digital Earth Office. El nuevo Modelo de Referencia de la Iniciativa *Tierra Digital*.

Disponible en: <http://redgeomatica.rediris.es/metadatos/publica/articulo17.htm#1b>

[12] Marisol Borges - Silvana Musso - Bruno Rienzi - Sandra Selvático. Estado del Arte en Software Libre para GIS Versión 1.0 .

Disponible en: <http://www.agiles.org/>

[13] OpenGIS Consortium.

Disponible en: <http://www.opengis.org/>

[14] Álvaro Zabala Ordoñez. Introducción a MapServer. Creando Nuestra Primera Aplicación.

Disponible en:

<http://www.agiles.org/index.php?module=subjects&func=viewpage&pageid=47&pageno=1>

Herramientas

The Free GIS Project: <http://www.freegis.org>

GRASS: <http://grass.itc.it>

GDAL: <http://www.remotesensing.org/gdal/>

OGR: <http://gdal.velocet.ca/projects/opengis/>

Map Server: <http://mapserver.gis.umn.edu/index.html>

Open Map: <http://openmap.bbn.com/>

GeoTools: <http://geotools.sourceforge.net/>

GISToolkit: <http://gistoolkit.sourceforge.net/>

PostGIS: <http://postgis.refrations.net/>

ANEXOS

ANEXO I. DIAGRAMAS DE CLASES DE ANÁLISIS.

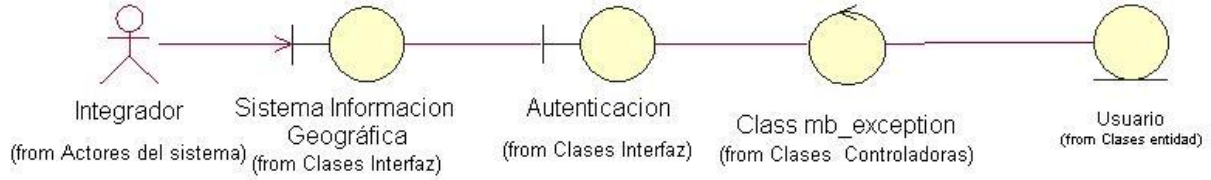


Fig.5.1 DCA. CU Realizar cambio Autenticar usuario

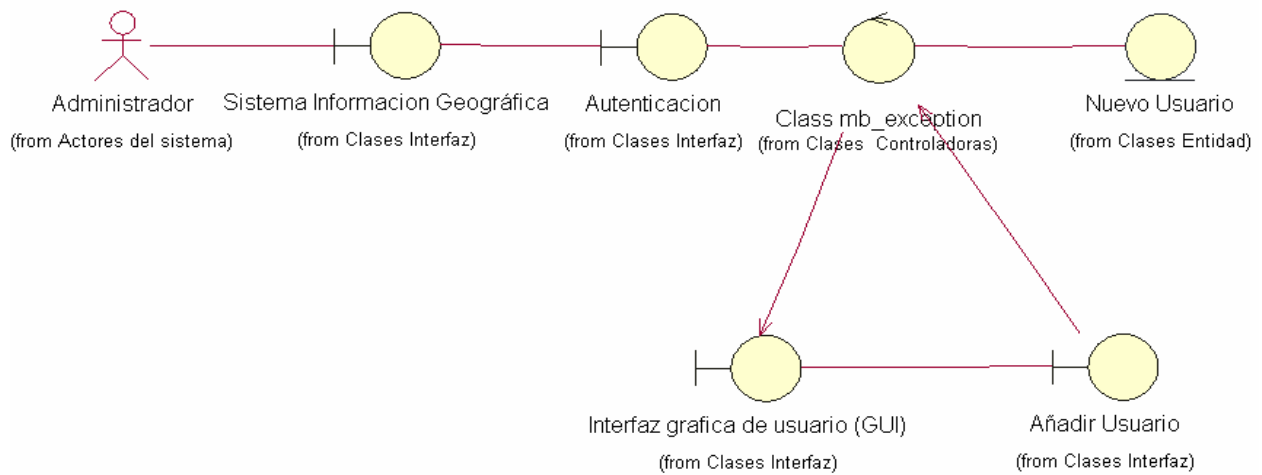


Fig.5.2 DCA. CU Realizar cambio Añadir usuario.

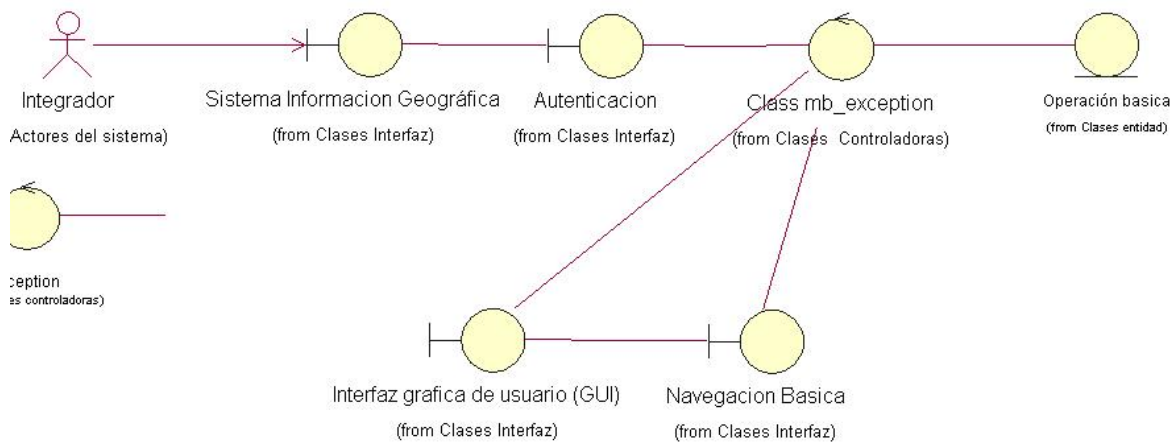


Fig.5.3 DCA. CU Realizar Operaciones Básicas.

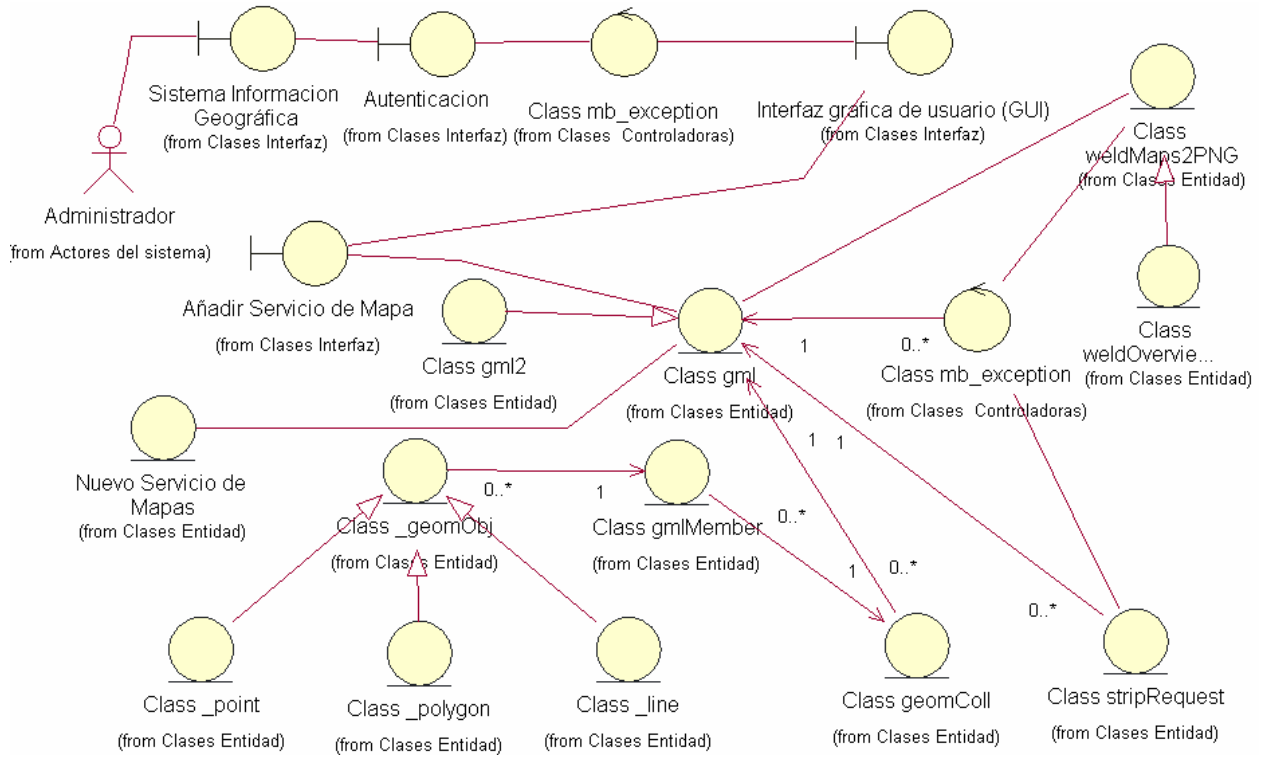


Fig.5.4 DCA. CU Realizar cambio Añadir Servicio de Mapas.

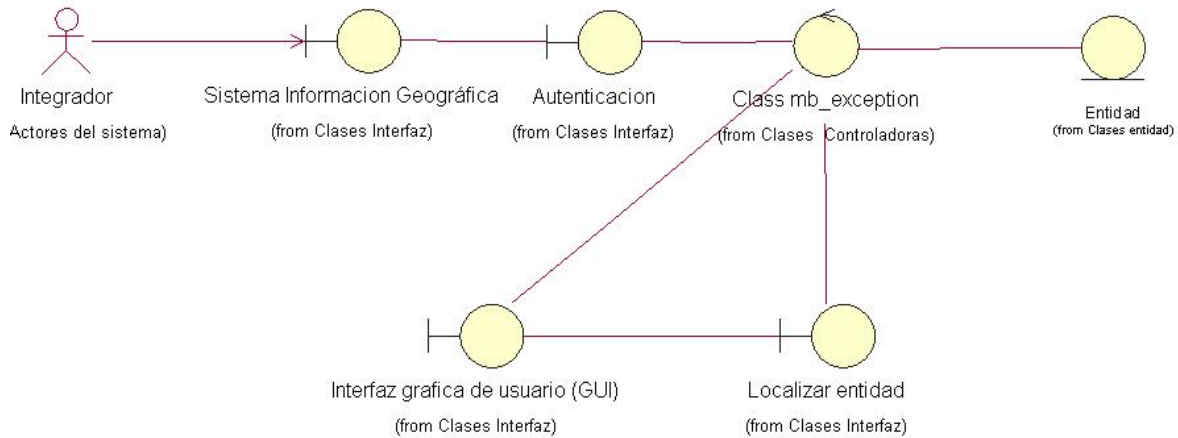


Fig.5.5 DCA. CU Localizar Entidad.

ANEXO II. DIAGRAMAS DE CLASES DEL DISEÑO.

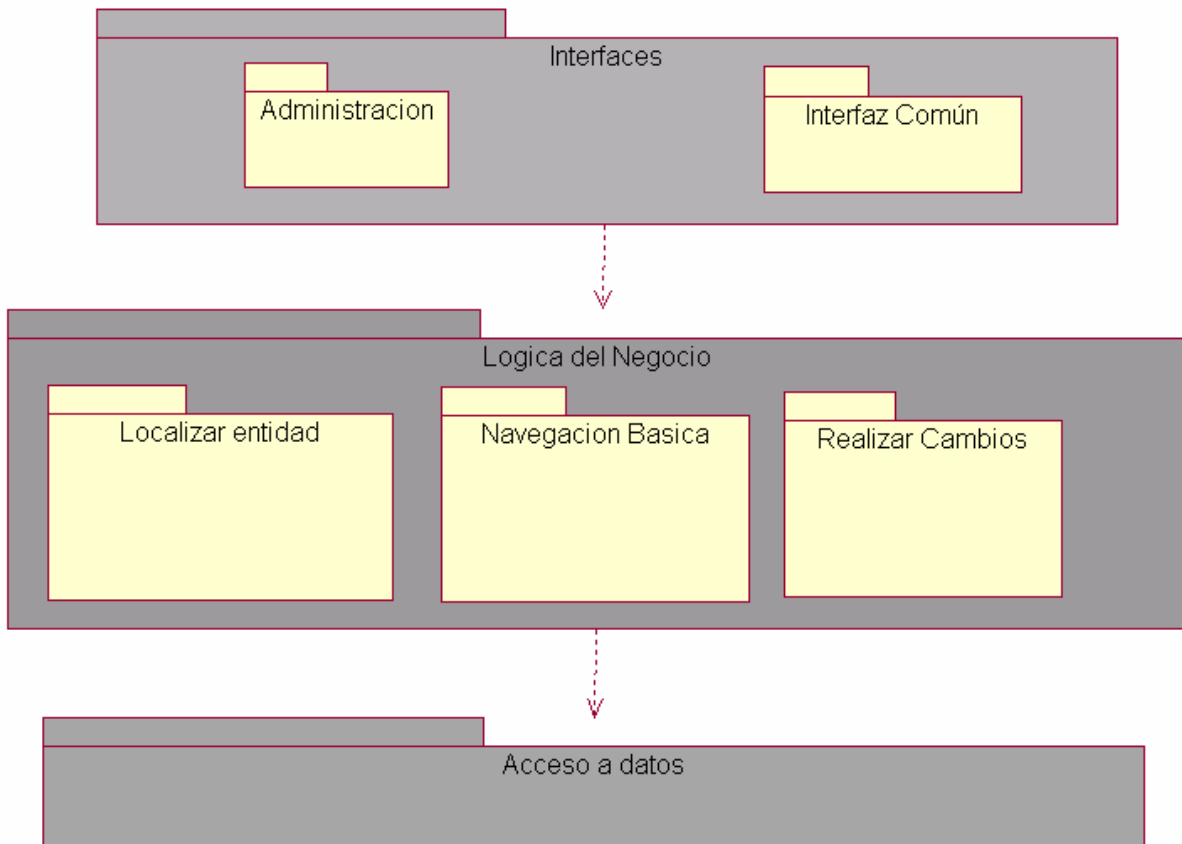


Fig.5.6 Diagrama de Clases de Diseño.

ANEXO III. DIAGRAMAS DE SECUENCIA DEL DISEÑO

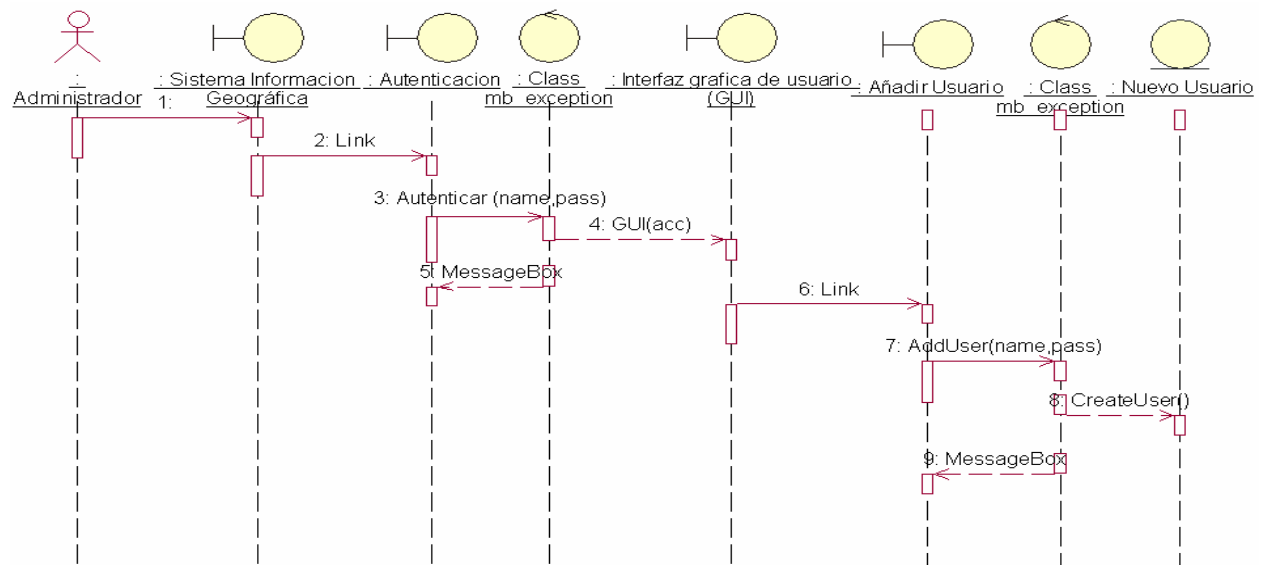


Fig.5.7 DSD. CU Añadir usuario.

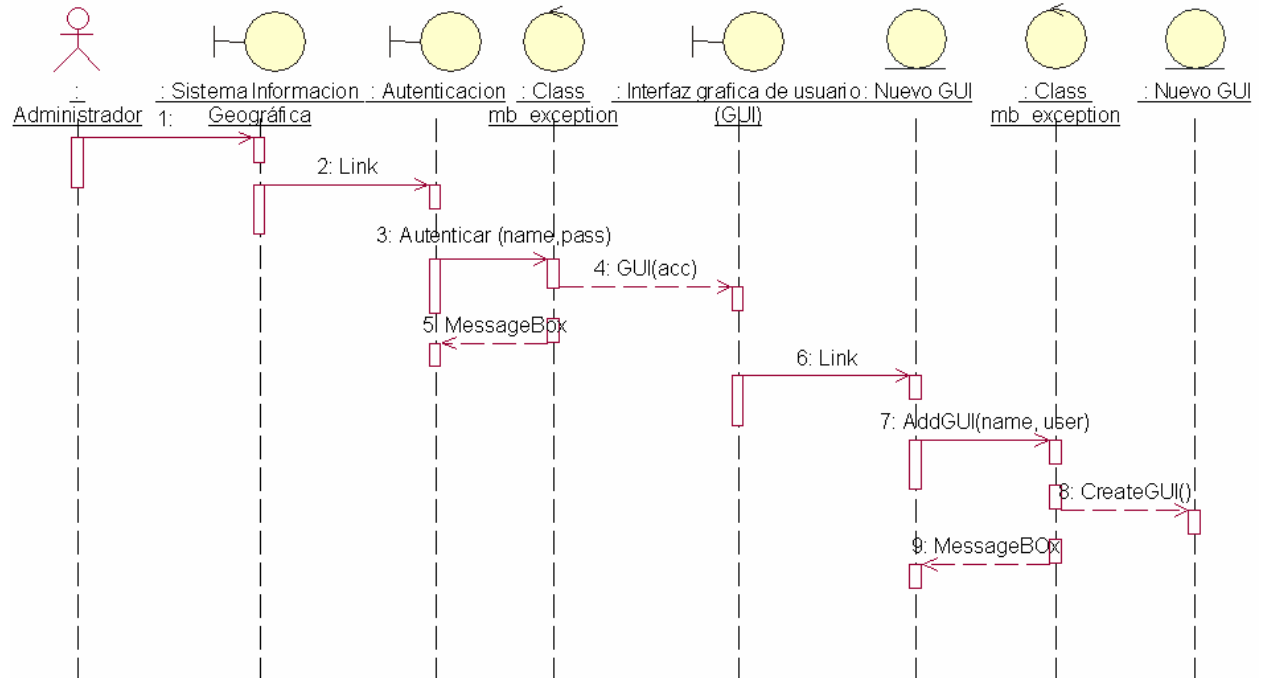


Fig.5.8 DSD. CU Añadir Interfaz de usuario.

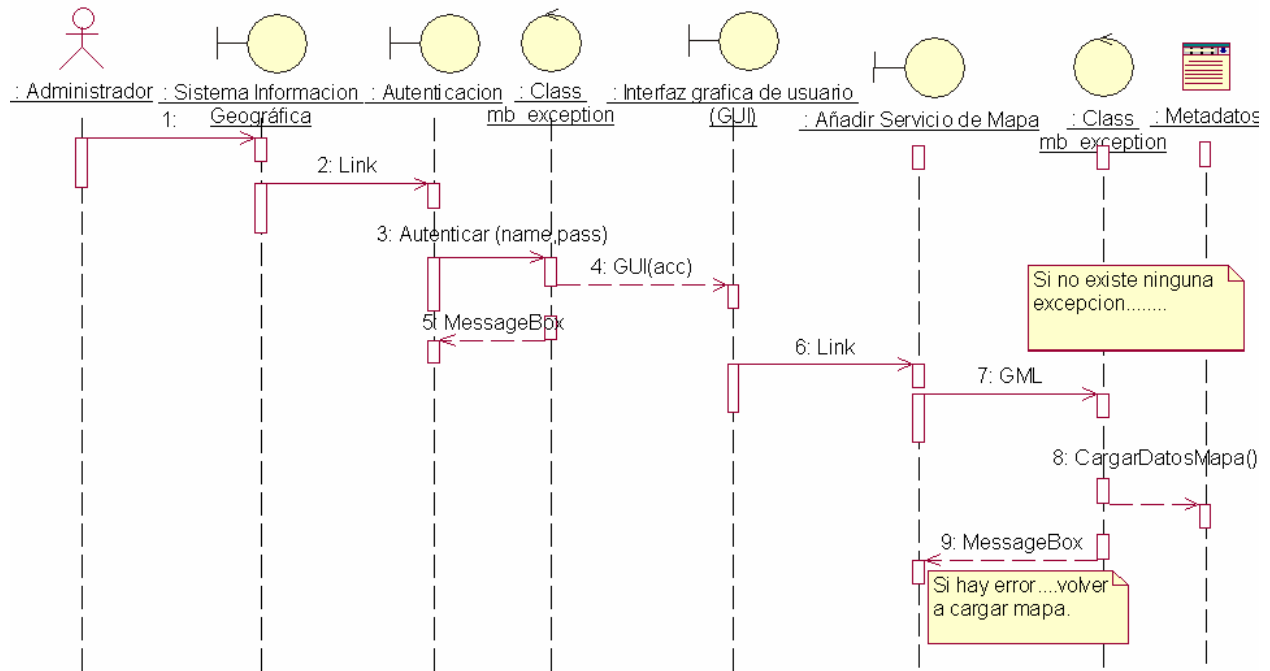


Fig.5.9 DSD. CU Añadir Servicio de Mapas.

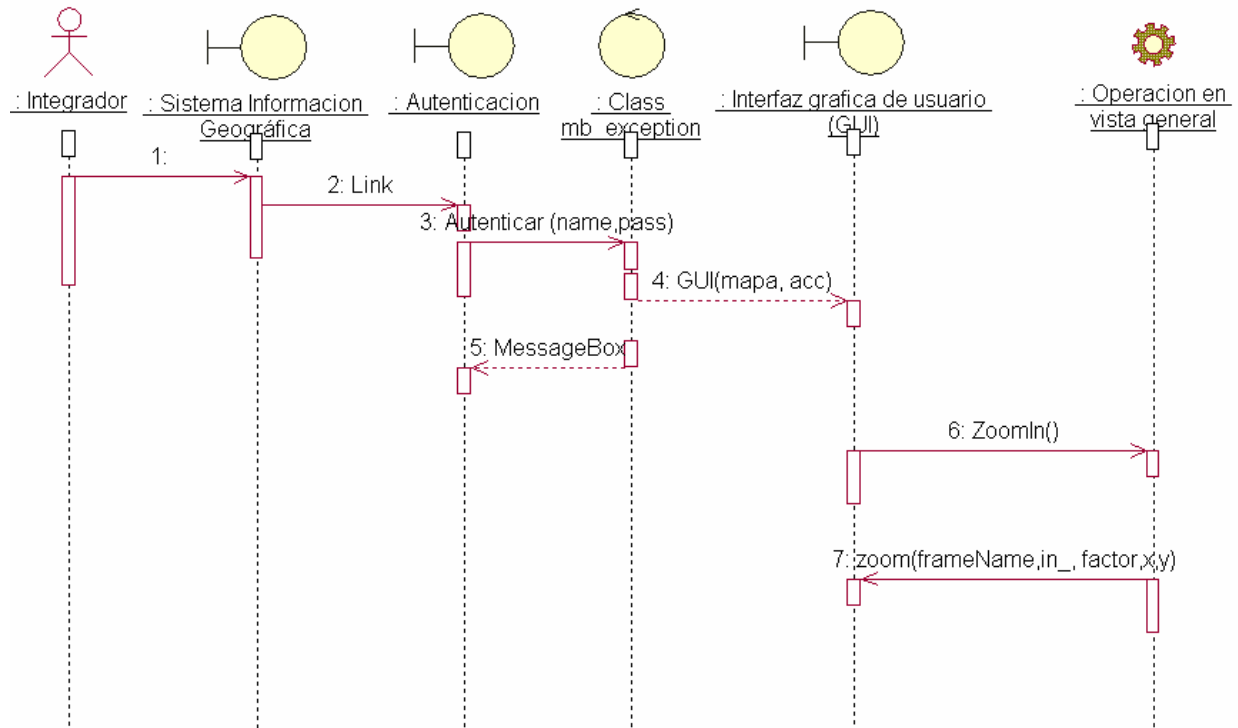


Fig.5.10 DSD. CU Acercar Mapa.

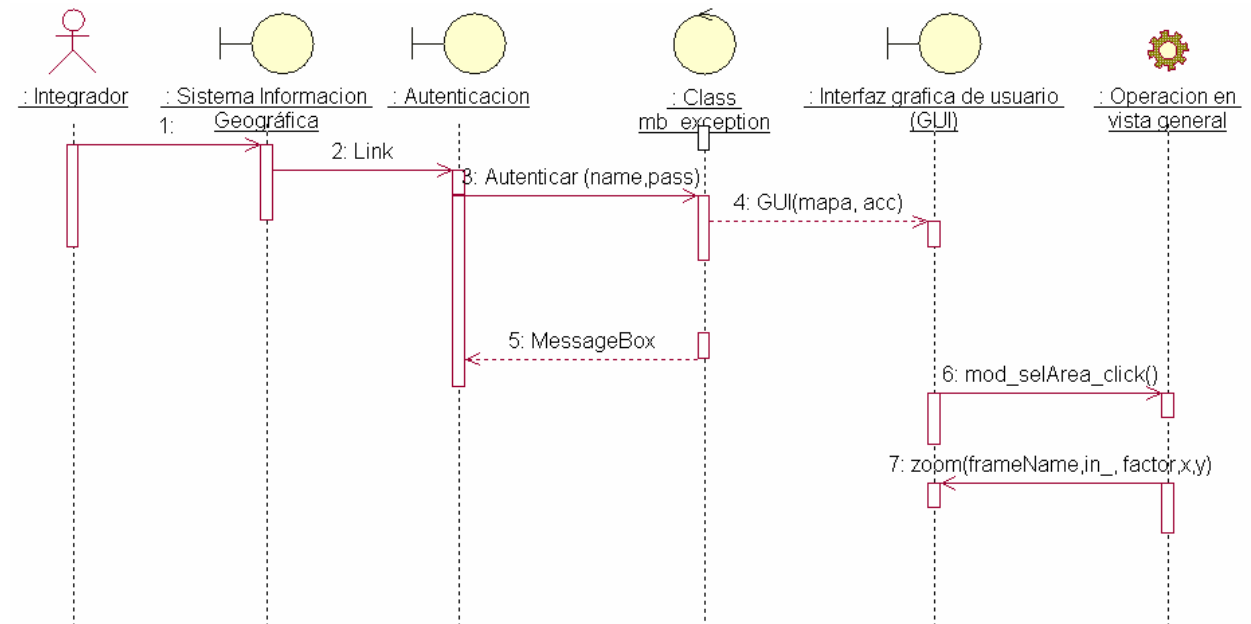


Fig.5.11 DSD. CU Acercar Mapa por Rectángulo.

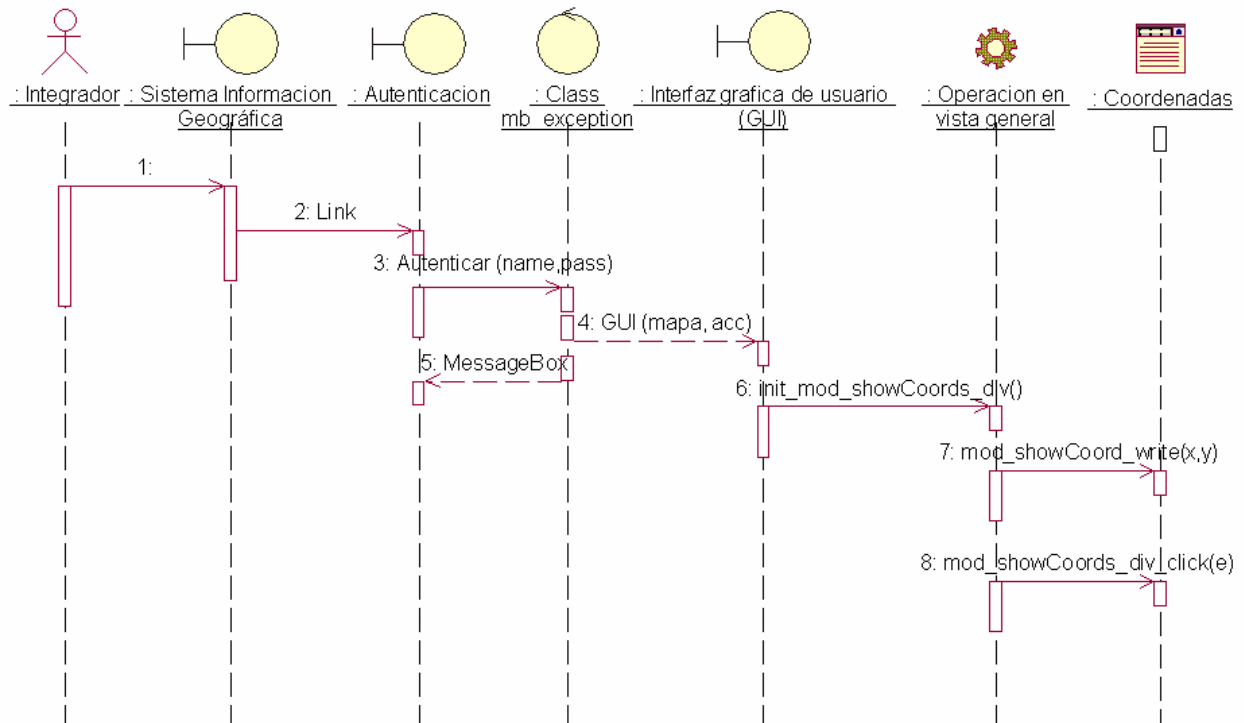


Fig.5.12 DSD. CU Coordenadas.

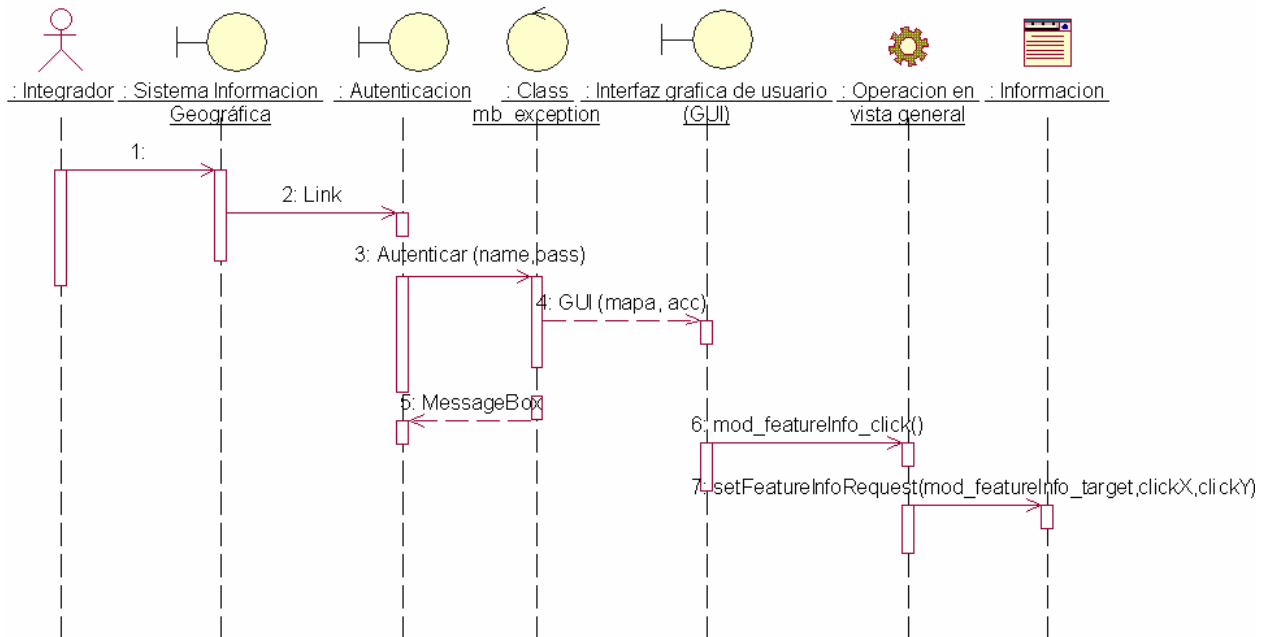


Fig.5.13 DSD. CU Información.

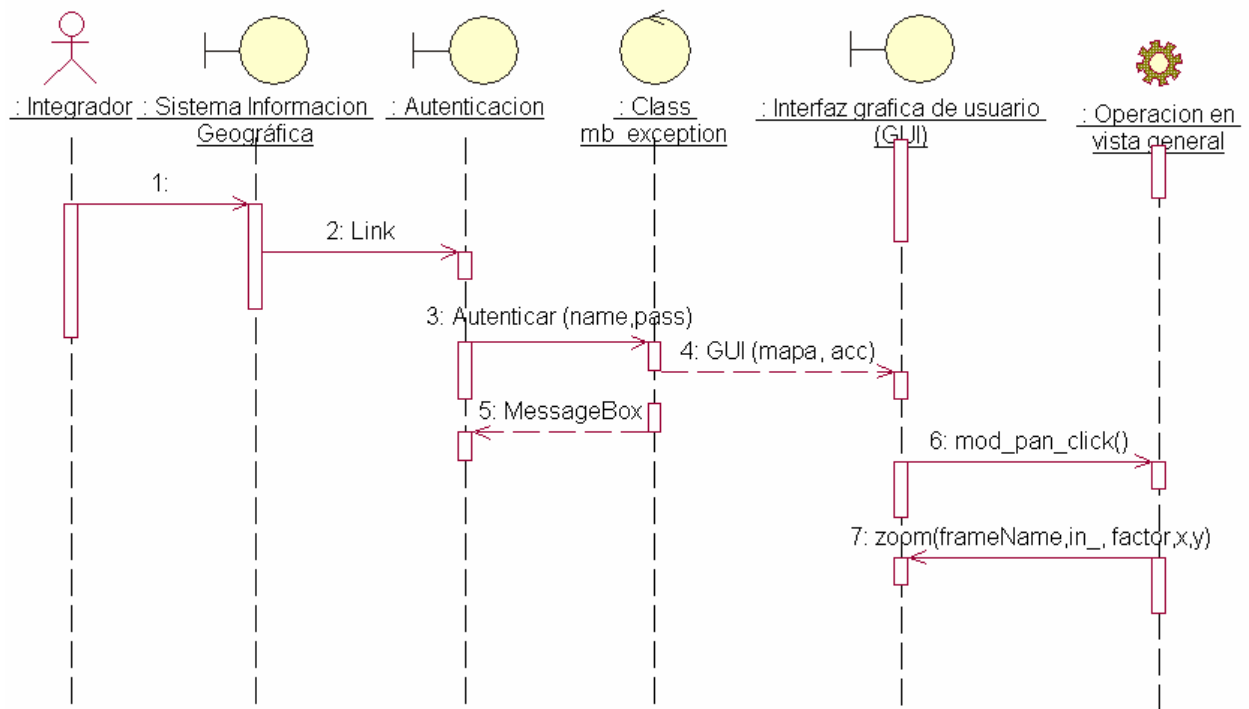


Fig.5.14 DSD. CU Mover.

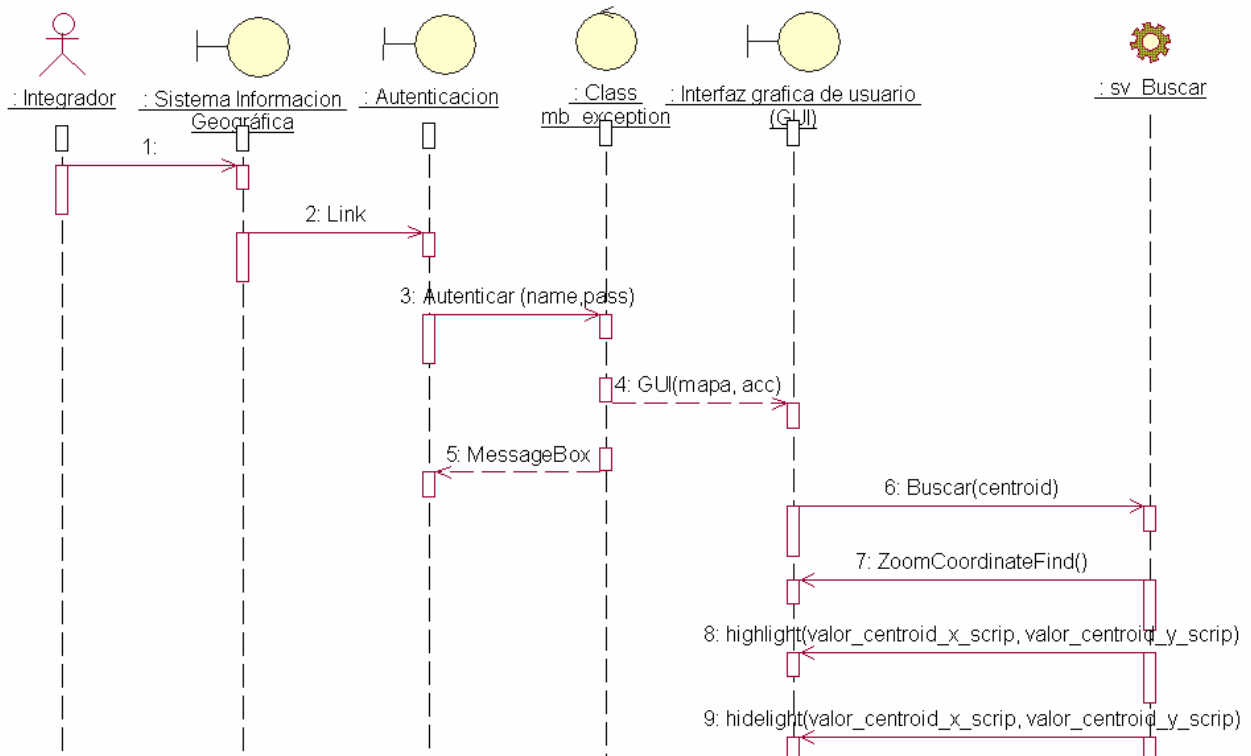


Fig.5.15 DSD. CU Localizar Entidad.

ANEXO IV. MODELO DE DESPLIEGUE

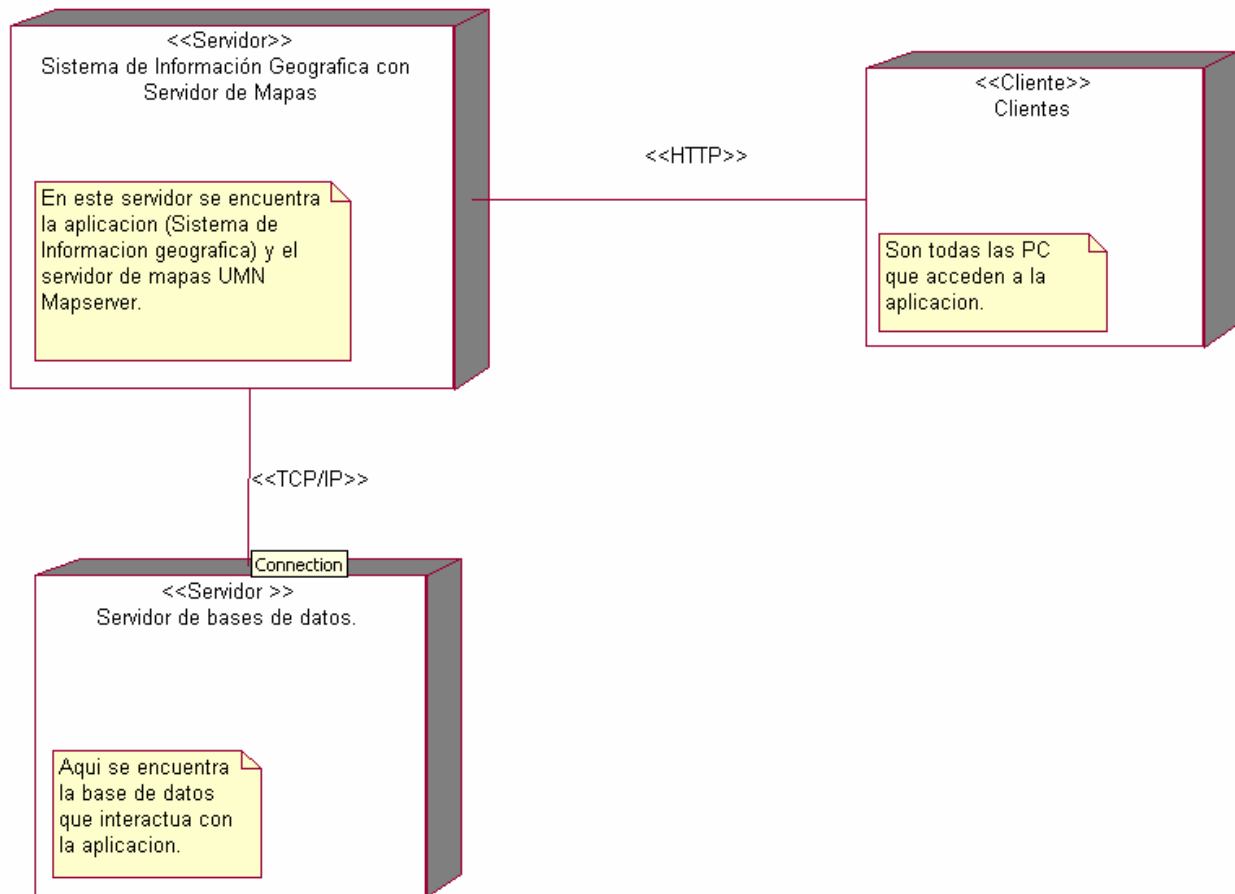


Fig. 5.16. Modelo de despliegue.

ANEXO V. MODELO DE IMPLEMENTACIÓN.

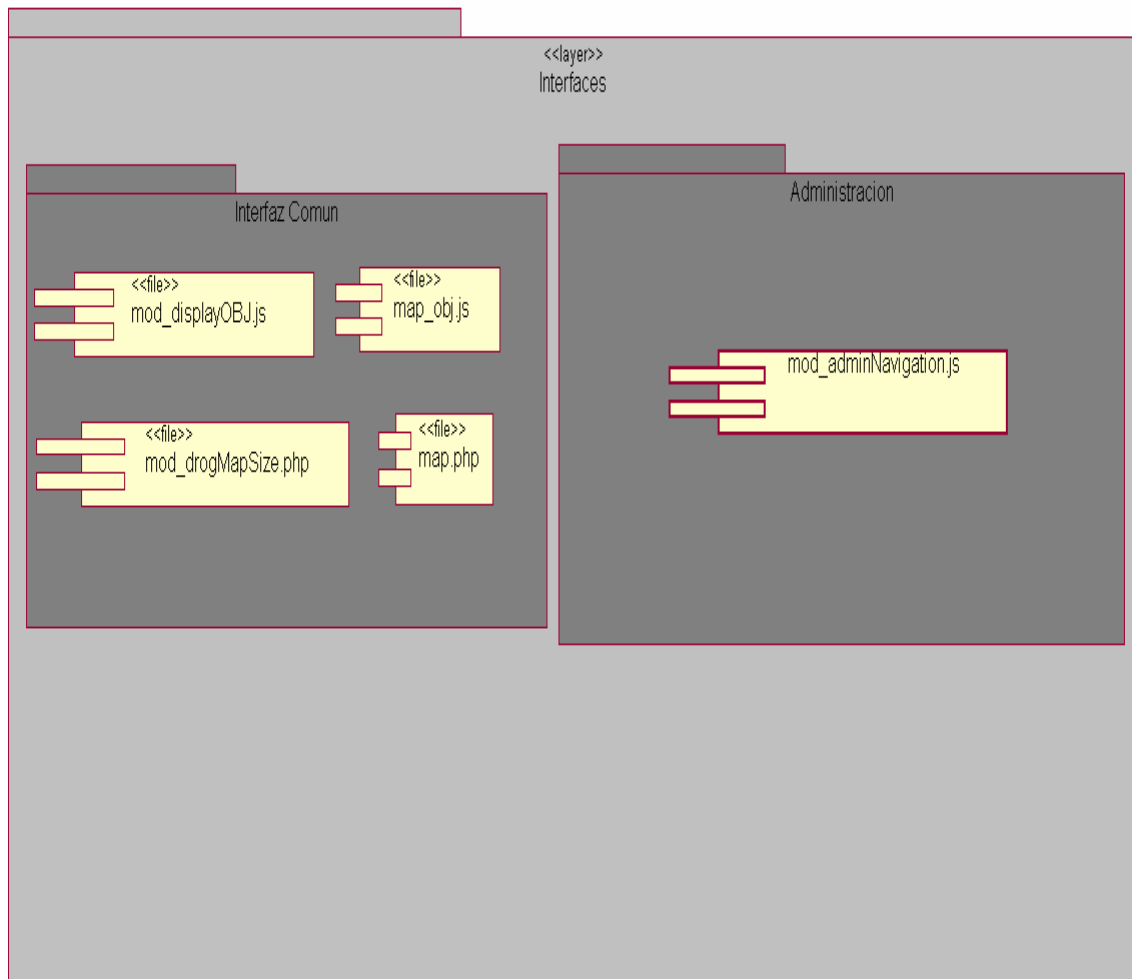


Fig. 5.17. Modelo de implementación del paquete Interfaces.

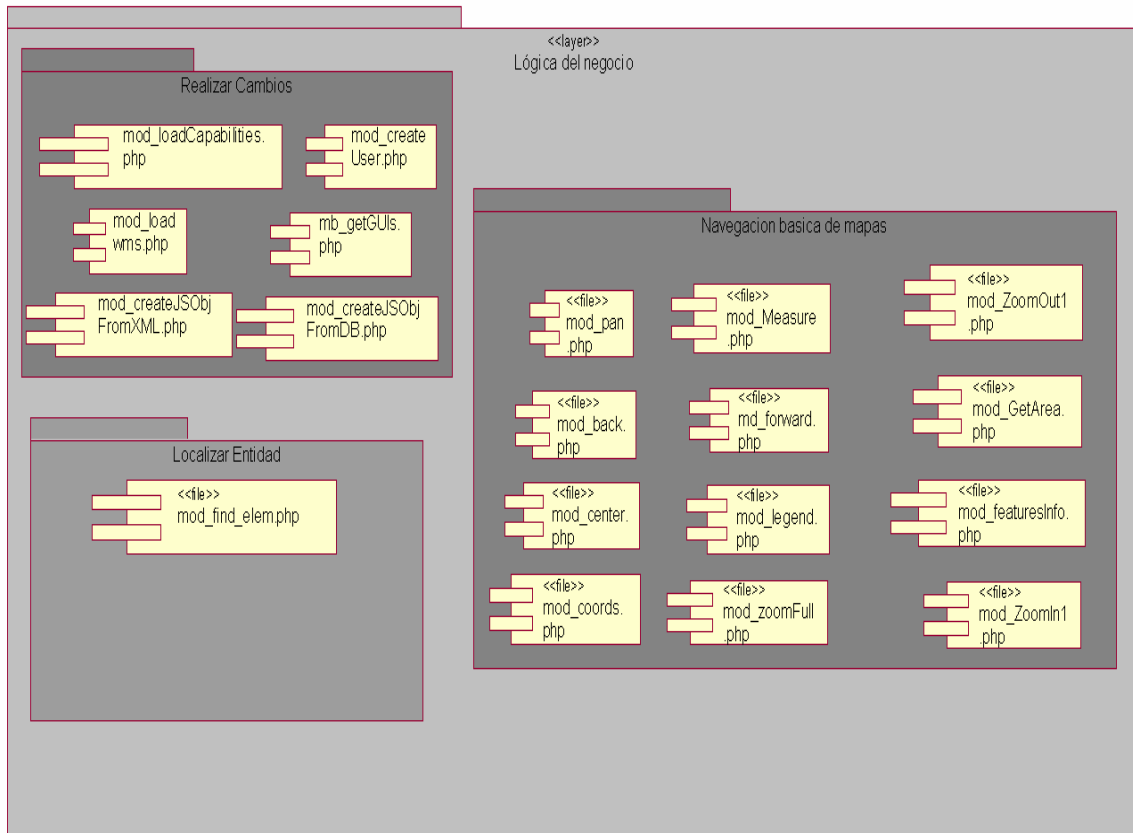


Fig. 5.18. Modelo de implementación del paquete Lógica del Negocio.

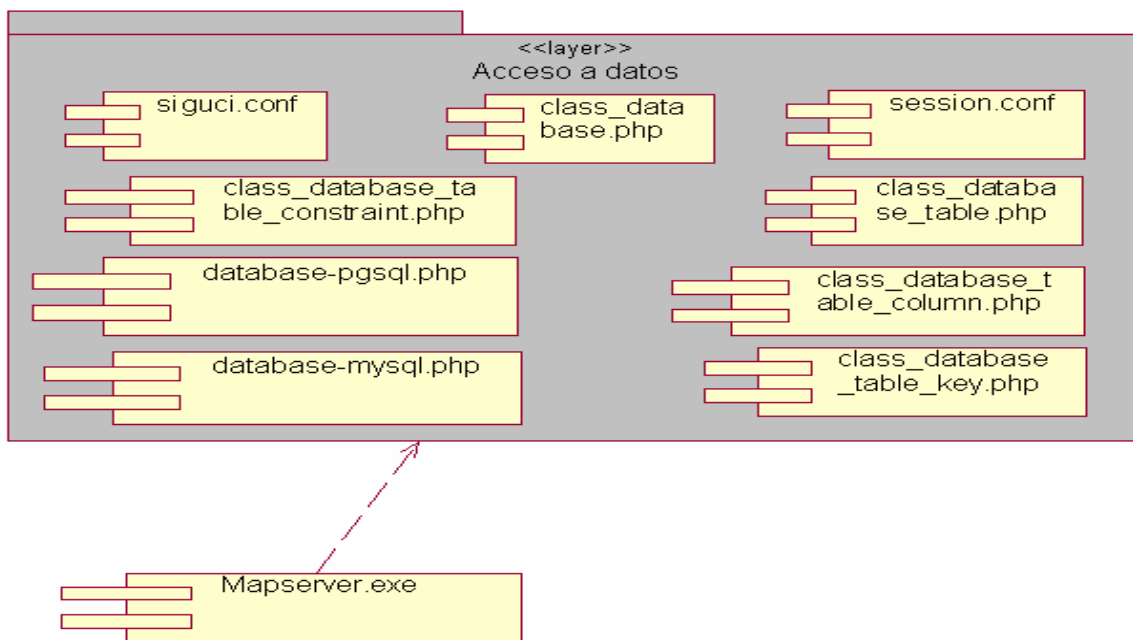


Fig. 5.19. Modelo de implementación del paquete Acceso a Datos.

ANEXO VI. EJEMPLO DE FICHERO .map

MAP

```
NAME "Mapa de la UCI"
STATUS ON
EXTENT 9387137.4 805683.77 10119140.81 1507910.77
SIZE 500 500
SHAPEPATH "./data"
SYMBOLSET "./etc/symbols.sym"
FONTSET "./etc/fonts.txt"
IMAGETYPE PNG
IMAGECOLOR 174 183 207
UNITS METERS
TEMPLATEPATTERN "UCI"
```

WEB

```
MINSCALE 259371
#IMAGEPATH "C:/temp/"
TEMPLATE mapa.html
HEADER mapa_header.html
```

```
#IMAGEURL "/tmp/"
END
```

REFERENCE

```
STATUS ON
IMAGE "images/keymap.png"
SIZE 88 69
EXTENT 9387137.4 805683.77 10119140.81 1507910.77
COLOR -1 -1 -1
OUTLINECOLOR 255 0 0
MINBOXSIZE 3
MAXBOXSIZE 0
MARKER 0
MARKERSIZE 0
```

END

QUERYMAP

```
STATUS OFF
SIZE -1 -1
COLOR 255 0 0
```

```
STYLE HILITE
END
# Start of legend object
LEGEND
  STATUS ON
  IMAGECOLOR 255 255 255
  POSITION LL
  KEYSIZE 18 12
  KEYSPPACING 5 5
  TEMPLATE "ttt"
  LABEL
    TYPE BITMAP
    SIZE MEDIUM
    OFFSET 0 0
    BUFFER 0
    MINDISTANCE -1
    MINFEATURESIZE -1
    COLOR 0 0 89
    PARTIALS TRUE
    FORCE FALSE
  END
END
# Start of scalebar object
SCALEBAR
  STATUS ON
  COLOR 255 255 255
  OUTLINECOLOR 0 0 0
  BACKGROUNDCOLOR 0 0 0
  IMAGECOLOR 255 255 255
  UNITS KILOMETERS
  INTERVALS 5
  SIZE 150 5
  STYLE 0
  POSITION LL
  LABEL
    TYPE BITMAP
    SIZE SMALL
    OFFSET 0 0
```

```
    BUFFER 0
    MINDISTANCE -1
    MINFEATURESIZE -1
    COLOR 0 0 0
    PARTIALS TRUE
    FORCE TRUE
END
END
# Start of OutputFormat object
OUTPUTFORMAT
  NAME "png"
  MIMETYPE "image/png"
  DRIVER "GD/PNG"
  EXTENSION "png"
  IMAGEMODE PC256
  TRANSPARENT FALSE
END
LAYER
  NAME "Contornos"
  STATUS ON
  CONNECTIONTYPE POSTGIS
  CONNECTION "user=postgres password=post dbname=siguci host=localhost"
  CLASSITEM "the_geom"
  DATA "the_geom from contornos"
  TYPE POLYGON
  CLASS
    NAME "contornos"
    TEMPLATE ""
    STYLE
      SYMBOL 0
      COLOR 0 128 0
      OUTLINECOLOR 0 0 0
    END
  END
END
END
```