

**INVESTIGACION DE HERRAMIENTAS DE SOFTWARE LIBRE PARA  
GEOPORTALES Y SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICO E  
IMPLEMENTACION DE UN MAPA INTERACTIVO PARA LA UNIVERSIDAD  
CENTRAL.**

**DAVID ACOSTA CRUZ**

**OSCAR DARIO PRADA VELASQUEZ**

**UNIVERSIDAD CENTRAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INGENIERIA DE SISTEMAS**

**BOGOTA**

**2010**

**INVESTIGACION DE HERRAMIENTAS DE SOFTWARE LIBRE PARA  
GEOPORTALES Y SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICO E  
IMPLEMENTACION DE UN MAPA INTERACTIVO PARA LA UNIVERSIDAD  
CENTRAL.**

**DAVID ACOSTA CRUZ Y OSCAR DARIO PRADA VELASQUEZ**

**TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO DE SISTEMAS**

**DIRECTOR, LUIS HUMBERTO ABRIL  
INGENIERO DE SISTEMAS**

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
FACULTAD DE INGENIERIA, INGENIERIA DE SISTEMAS  
BOGOTA  
2010**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá D.C, 4 de junio de 2010

## **DEDICATORIA**

Yo DAVID ACOSTA CRUZ dedico este trabajo:

A ti, Madre, por formar en mí la inquietud del conocimiento.

A ti, Pequeña, por darme la felicidad y el amor que necesito para vivir.

A ti, Luna, por transformar mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Yo DAVID ACOSTA CRUZ agradezco a mi Madre que hacia el año 1998 me regalo mi primer computador, para ayudar a saciar mi necesidad de conocimiento, quien garantizo moral y económicamente parte de este esfuerzo, quien con su lucha diaria a formado en mi la responsabilidad de lograr cumplir esta meta y por quien siempre estaré agradecido, a mi Esposa que me brinda el amor y fortaleza necesaria para llevar la vida tan feliz como se pueda y quien ha estado acompañándome en varias noches de duro trabajo al lado de una taza de café y a mi dulce hija Luna quien es el motivador más grande que tengo para lograr cumplir mis metas, gracias a todas las mujeres que me acompañan día a día.

Y de forma muy especial agradezco a todos los colaboradores, desarrolladores e ingenieros que han logrado construir y compartir todas las herramientas software empleadas en este proyecto, sin ellos esto no hubiera sido posible. Gracias a todos aquellos que colaboran y apoyan el Software Libre.

# CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1 ELEMENTOS DEL PROBLEMA	20
1.2 LIMITE DEL PROYECTO	20
2. OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. ANTECEDENTES	23
3.1 MAPAS UNIVERSITARIOS	25
3.1.1 Casos Internacionales	26
3.1.2 Casos Nacionales	29
4. MARCO TEÓRICO	32
4.1 GENERALIDADES	32
4.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO	36
4.2.1 Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica	38
4.2.2 Comparativa de software SIG	39
4.3 DATOS ESPACIALES	40
4.3.1 Puntos	41
4.3.2 Líneas	41
4.3.3 Polígonos	41
4.4 SISTEMAS DE PROYECCIÓN	43
4.4.1 Tipos de proyecciones cartográficas	43
4.5 BASES DE DATOS ESPACIALES	43
4.5.1 Datos Espaciales en Bases de Datos	44

4.5.2	Perspectiva Funcional De Los Datos Espaciales	46
4.5.3	El Concepto De “Geometría” Como Dato Espacial	47
4.5.4	Análisis Espacial	48
4.5.5	PostgreSQL	49
4.5.6	PostGIS	50
4.6	SERVIDORES DE MAPAS	52
4.6.1	Acceso A Formatos De La Cartografía	53
4.6.2	Tipo De Cliente Y Funcionalidad	54
4.6.3	Optimización del servidor de Mapas	55
4.6.4	Geoserver	56
4.6.5	MapServer	57
4.7	GEOSERVICIOS	58
4.7.1	Especificaciones OGC	58
4.7.2	Clasificación según su naturaleza	59
4.7.3	Web Map Service (WMS)	60
4.7.4	Web Feature Service (WFS)	61
4.7.5	Web Coverage Service (WCS)	62
4.7.6	Propósitos de los estándares	63
4.8	CLIENTES SIG	63
4.8.1	gvSIG	63
4.8.2	uDig	65
4.8.3	Quantum GIS	66
4.8.4	JUMP Plataforma De Cartografía Unificada	68
4.8.5	GRASS GIS	70
4.9	APLICACIONES WEB	71
4.9.1	Historia De Las Aplicaciones Web	72
4.9.2	Patrones	74
5.	DESARROLLO DEL SISTEMA	76
5.1	REQUERIMIENTOS	76
5.1.1	Requerimientos Funcionales	77

5.1.2	Requerimientos no funcionales	78
5.2	CASOS DE USO	78
5.2.1	Cliente Administrador	80
5.2.2	Cliente SIG	88
5.2.3	Visualizar Dependencias	94
5.2.4	Visualizar Mapas	98
5.2.5	Visualizar Info Mapa	104
5.2.6	Cliente Web	106
5.3	HERRAMIENTAS SOFTWARE	115
5.3.1	Motor de Base de datos	115
5.3.2	Administrador de Mapas	115
5.3.3	Servidor de Mapas	117
5.3.4	Publicación de Mapas	118
5.3.5	Framework de aplicaciones Web	118
5.4	DISEÑO DE LA ARQUITECTURA	119
5.4.1	Diseño de la Base de Datos	121
5.4.2	Desktop	123
5.4.3	Web	125
5.4.4	Diagrama de Componentes	125
5.5	CONSTRUCCIÓN DE LA SOLUCIÓN	128
5.5.1	Levantamiento de la Información	128
5.5.2	Construcción de la Base de Datos	130
5.5.3	Creación de la información vectorial	130
5.5.4	Cargue de la información alfanumérica	131
5.5.5	Publicación de la información web	131
5.6	LICENCIAMIENTO	132
5.6.1	PostgreSQL	132
5.6.2	PostGIS	133
5.6.3	Geoserver	133
5.6.4	Apache Tomcat	133



5.6.5	OpenLayers	133
5.6.6	GvSIG	133
5.6.7	ZK	133
5.6.8	NetBeans	134
6.	COSTOS	135
7.	CONCLUSIONES Y RESULTADOS	136
7.1	CONCLUSIONES	136
7.2	RESULTADOS	138
7.3	RECOMENDACIONES	141
	BIBLIOGRAFIA	142

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Resumen Cliente Administrador	80
Tabla 2: Caso de uso Visualizar Datos	81
Tabla 3: Caso de uso Editar Datos	82
Tabla 4: Caso de uso Eliminar datos	83
Tabla 5: Caso de uso Agregar datos	85
Tabla 6: Caso de Uso Autenticarse	86
Tabla 7: Resumen cliente sig	88
Tabla 8: Caso de uso Visualizar Polígonos	89
Tabla 9: Caso de uso Editar polígonos	90
Tabla 10: Caso de uso Editar atributos	91
Tabla 11: Caso de uso Georeferenciar polígonos	92
Tabla 12: Resumen Visualizar Dependencia	94
Tabla 13: Caso de uso Visualizar información de dependencias	95
Tabla 14: Caso de uso Localizar Dependencia	96
Tabla 15: Resumen Visualizar Mapas	98
Tabla 16: Caso de uso Hacer Zoom	99
Tabla 17: Caso de Uso Desplazamiento	100
Tabla 18: Caso de uso Visualizar mapas de referencia	101
Tabla 19: Caso de uso Cambiar servicio	102
Tabla 20: Resumen Visualizar Info Mapa	104
Tabla 21: Resumen Cliente Web	106
Tabla 22: Caso de uso visualizar mapa	107
Tabla 23: Casos de Uso Consultar Edificios	108
Tabla 24: Caso de Uso visualizar información edificio	110
Tabla 25: Caso de uso Consultar dependencias	111
Tabla 26: Caso de uso Consulta Funcionarios	112
Tabla 27: Caso de Uso Consulta Horarios	114
Tabla 28, Costos	135

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Ejemplo Tufts University	26
Figura 2: Ejemplo Towson University	28
Figura 3: Ejemplo Universidad del Valle	29
Figura 4: Ejemplo Universidad de Antioquia	31
Figura 5: Arquitectura publicación de servicios de mapas web	34
Figura 6: Interfaz grafica software SIG	37
Figura 7: Comparativa de Software SIG	40
Figura 8: Clasificación de Datos Espaciales	41
Figura 9: Tipos de datos espaciales	45
Figura 10: Clasificación funcional de datos espaciales	47
Figura 11: Cliente gvSIG	64
Figura 12: Cliente uDig	66
Figura 13: Cliente QGIS	68
Figura 14: Cliente JUMP	69
Figura 15: Cliente GRASS	71
Figura 16: Diagrama Modelo Vista Controlador	75
Figura 17: Casos de uso de alto nivel	79
Figura 18: Casos de Uso Cliente Administrador	80
Figura 19: Casos de uso Cliente SIG	88
Figura 20: Casos de Uso Visualizar Dependencias	94
Figura 21: Casos de uso Visualizar Mapas	98
Figura 22: Casos de uso Visualizar Info Mapa	104
Figura 23: Casos de Uso Cliente Web	106
Figura 24: Arquitectura del sistema	120
Figura 25: Modelo de Datos	122
Figura 26: Diseño interfaz de usuario Administrador	124
Figura 27: Diagrama de componentes cliente web	125
Figura 28: Diseño interfaz de usuario web	127
Figura 29: Ejemplo información CAD	129
Figura 30: Ejemplo Información Administrativa	129
Figura 31: Ejemplo Fotografía Edificio	130

## **GLOSARIO**

**AJAX:** Acrónimo de Asynchronous JavaScript And XML (JavaScript asíncrono y XML), es una técnica de desarrollo web para crear aplicaciones interactivas o RIA (Rich Internet Applications).

**CAD:** Acrónimo de Computer Aided Design, el diseño asistido por computador, es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y a otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades.

**CARTOGRAFIA:** es la ciencia que se encarga del estudio y de la elaboración de los mapas geográficos, territoriales y de diferentes dimensiones lineales y demás.

**DEPENDENCIA:** oficina pública o privada, dependiente de otra superior.

**EDIFICIO:** construcción fija, hecha con materiales resistentes, para habitación humana o para otros usos.

**ELIPSOIDE:** un elipsoide es una superficie curva cerrada cuyas tres secciones ortogonales principales son elípticas, es decir son originadas por planos que contiene dos ejes cartesianos.

**ESPACIO:** subdivisión del área física que pertenece a un piso en un edificio.

**FRAMEWORK:** Es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definida, normalmente con artefactos o módulos de software concretos, con base en el cual otro proyecto de software puede ser organizado y desarrollado.

**GEODESIA:** Es una rama de las geociencias y una ingeniería. Trata del levantamiento y de la representación de la forma de la superficie de la Tierra.

**GEOIDE:** Se denomina geoide al cuerpo de forma casi esférica aunque con un ligero achatamiento en los polos, definido por la superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre que coincide con el nivel medio del mar.

**GEOSERVICIOS:** se define como servicios web geográficos, y son una especialización de servicios web, como tal, son aquellos protocolos y estándares que define las reglas de transmisión de información geográfica.

**GPS:** El GPS (Global Positioning System) sistema de posicionamiento global, es un sistema que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros.

**INTERACTIVO:** dicho de un programa: Que permite una interacción, a modo de diálogo, entre el ordenador y el usuario.

**MAPA:** representación geográfica de la Tierra o parte de ella en una superficie plana.

**MENÚ:** colección de opciones que aparece en la pantalla de un ordenador.

**NAVEGACIÓN:** explorar. Acción de utilizar un navegador para recorrer la WWW visitando páginas web y saltando entre ellas.

**OGC:** El Open Geospatial Consortium, fue creado en 1994 y agrupa a 372 organizaciones públicas y privadas. Su fin es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica y de la World Wide Web.

**PAGINA WEB:** fuente de información compatible con la WWW y que puede ser accedida a través de un navegador en internet. Por lo general las páginas web se presentan en formato que les da forma llamado HTML. Son documentos que soportan hipertexto.

**PESTAÑA:** elemento que se encuentra en las interfaces gráficas, que permite cambiar entre distintos documentos o secciones de forma rápida.

**RASTER:** Es una imagen, también llamada mapa de bits, imagen matricial o bitmap, es una estructura o archivo de datos que representa una matriz de píxeles o puntos, denominada raster, que se puede visualizar en un monitor de computador, papel u otro dispositivo.

**RASTERIZACIÓN:** Es el proceso por el cual una imagen descrita en un formato gráfico vectorial se convierte en un conjunto de píxeles o puntos para ser desplegados en un medio de salida digital, como una pantalla de computadora, una impresora electrónica o una imagen de mapa de bits.

**SEDES:** lugar donde tiene su domicilio una entidad económica, literaria, deportiva, etc.

**VECTORES:** Gráfico vectorial, es un dibujo realizado en un programa de diseño el cual no se distorsiona independientemente de la medida en que se imprima.

**W3C:** El World Wide Web Consortium, es un consorcio internacional que produce recomendaciones para la World Wide Web.

**ZK:** Es un framework de aplicaciones web en AJAX, completamente en Java de código abierto que permite una completa interfaz de usuario para aplicaciones web sin usar JavaScript y con poca programación.

**ZONAS:** Parte de terreno o de superficie encuadrada entre ciertos límites.

## **RESUMEN**

El auge en la utilización de los sistemas de ubicación sobre el planeta, ha permitido que las tecnologías y los estándares crezcan a un ritmo acelerado, este documento describe como aprovechando las herramientas de software libre se logra la implementación de un sistema que permite empleando los estándares OGC ( Open Geospatial Consortium) construir un Mapa Interactivo Universitario para la Universidad Central, el cual garantizara a los usuarios determinar la ubicación de los diferentes elementos de interés dentro del campus universitario en cada una de sus sedes. El modelo que se utilizo es el de geoservicios, aplicado a soluciones administrativas, el cual permite la ubicación de construcciones, espacios, oficinas y dependencias, integrado con otros servicios informáticos como lo es la información de horarios y docentes, lo que permite obtener un valor agregado y complementa con servicios adicionales, como la especialización de la información administrativa, de igual forma se ejemplifica los beneficios de implementar un servidor de mapas que cumpla con los estándares, de esta forma se pueden lograr soluciones alternativas que simplemente consuman servicios de mapas y se puedan integrar fácilmente.

## INTRODUCCION

Debido al continuo crecimiento a nivel de infraestructura física de la universidad central, hace que cualquier persona tenga problemas de ubicación al interior del campus universitario. Localizar espacios físicos como salones de clase, laboratorios, salas de profesores, y espacios administrativos, se ha convertido con el tiempo en un problema para estudiantes, docentes y visitantes.

Por lo anterior, una de tantas alternativas funcionales que se pueden construir para resolver el problema, es la utilización de mapas interactivos para sitios específicos, como universidades, centros culturales, hospitales y centros comerciales, es un mundo ilimitado de alternativas que permiten aprovechar las nuevas tecnologías estándares y principios de sistemas de información geográfico, para lograr soluciones personalizadas de acuerdo a la necesidad.

Por lo anterior, se pretende ofrecer una visión de las diferentes alternativas que a nivel de servicios web geográficos, pueden ser aprovechadas como herramienta de localización y de integración con servicios que hasta ahora son desconocidos por muchos y que para instituciones académicas como lo es la Universidad Central, serán de gran utilidad.

A lo largo de este documento se resumen las principales alternativas que a la fecha se encuentran disponibles a nivel de software libre y que permiten de una manera práctica y eficiente ofrecer una solución a nivel de servicios de localización, en este caso la localización de la infraestructura física de la Universidad Central y la integración con la información de horarios académicos de los docentes y la ubicación de los salones o laboratorios que se encuentran asociados a los mismos, implementando un mapa interactivo universitario para la universidad Central.



Para esto se describen conceptos teóricos necesarios implícitos en el manejo de información georeferenciada, como lo es los sistemas de proyección cartográfica, los datos espaciales, servicios web geográficos y sistemas de información geográfica, de tal forma que ofrezca al lector una base teórica básica y que le permita tener un acercamiento a los elementos fundamentales necesarios para el funcionamiento de este proyecto.

Adicionalmente, se describirá a través del diseño y construcción de la solución, los aspectos técnicos que son necesarios para implementar este tipo de soluciones y que permita a los interesados mejorar y adicionar funcionalidades al mismo.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Dentro del entorno universitario cada año se hace más complejo la ubicación de las distintas áreas académicas y administrativas debido al crecimiento físico y al alcance de los programas ofrecidos por la Universidad Central, a medida que pasa el tiempo se hace más evidente la necesidad de un sistema de información geográfico que involucre el total del campus universitario, sin importar su ubicación dentro de la ciudad, que permita explorar los diferentes espacios físicos, tales como edificios, aulas, salas de profesores, oficinas administrativas, zonas de esparcimiento, salas de cómputo, laboratorios, y adicionalmente invite de una forma interactiva y eficiente al usuario del sistema a informarse de la ubicación, función y descripción de cualquier punto de la universidad.

La Universidad Central necesitaban resolver este problema, y por tanto el departamento de servicios generales en el año 2006, implementó la publicación de mapas en lugares públicos diseñados con la información necesaria para que los usuarios se guiaran y ubicaran dentro de sus instalaciones, esta solución es bastante eficiente pero tiene dos grandes inconvenientes, la información consignada en ellos debe ser lo más reducida posible ya que tener toda la información necesaria dificulta la lectura y como consecuencia la solución se vuelve difícil perdiendo el objetivo, el segundo problema con esta solución es que no es dinámica de modo que si se genera un cambio al interior de la institución ya sea de función, ubicación u otro cambio de cualquier tipo se hace necesario reemplazar por completo el mapa ya que la información no puede modificarse y dejarlo des-actualizado genera más problemas que soluciones.

Hoy en día, los estudiantes, docentes y funcionarios, nuevos o antiguos, hacen uso del voz a voz para lograr ubicar espacios físicos, no siempre con los mejores resultados ya que los nombres de los edificios, la numeración o los cambios que se dan cada semestre, hacen de este un proceso poco eficiente, adicionalmente muchos estudiantes, docentes y funcionarios desconocen la existencia del total de las sedes que tiene la Universidad Central.

## **1.1 ELEMENTOS DEL PROBLEMA**

De acuerdo a la descripción del problema, se pueden inferir los elementos principales a solucionar.

- No se conoce la totalidad de la infraestructura física y sus servicios por la comunidad académica y administrativa.
- No existe una señalización al interior del campus universitario, que permita visualmente conocer la ubicación de la infraestructura física.
- Los nombres de los edificios y espacios físicos es aleatoria y en muchos casos para la sede centro pertenece a los nombres de la nomenclatura vial que tiene el predio.
- Aclarar el tipo de elemento del problema especificando que es la ubicación con respecto al nombre y no la nomenclatura misma.
- No es fácil la ubicación al interior del campus, por parte de un visitante.

## **1.2 LIMITE DEL PROYECTO**

Este proyecto pretende construir un sistema que permita publicar un mapa interactivo de la infraestructura física y los servicios asociados del campus

universitario, en el cual los usuarios puedan acceder en cualquier momento y desde cualquier lugar, a través de internet y solo con la aprobación de la Universidad Central, adicionalmente que permita realizar actualizaciones de la información y cuente con los niveles de seguridad necesarios que garanticen la veracidad de los datos de forma permanente.

**El Sistema Permitirá:**

- Conocer la ubicación de todas las sedes, sin importar su localización en el país.
- Identificar los edificios, espacios y pisos asociados a cada sede.
- Identificar la localización de cada uno de los servicios que tiene a disposición tanto para la comunidad académica, como administrativa.
- Integrar la información de horario académico de los docentes, con el mapa interactivo, de tal forma que permita conocer la localización del lugar en el cual se dictara la clase.

**El sistema no ofrecerá:**

- Cálculo y visualización de rutas, para ir de un edificio a otro, o de una sede a otra.
- Integración de la información de horarios académicos de los estudiantes, con el mapa interactivo.
- Búsquedas de sitios que no hagan parte de la universidad Central.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un mapa interactivo para la Universidad Central, el cual permita a estudiantes, docentes, personal administrativo y visitantes, consultar la ubicación de los diferentes espacios y servicios administrativos que existen dentro de la infraestructura física de la Universidad Central, determinando la mejor alternativa a nivel de software libre para implementar sistemas de información geográfica a nivel web.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar a nivel web, como las universidades, están implementando soluciones de mapas interactivos para localización de su infraestructura física.
- Identificar y localizar la infraestructura física de la Universidad Central, la cual será la base para el mapa interactivo.
- Evaluar las diferentes alternativas que existen a nivel de servicios de mapas y que pueden ser utilizadas para resolver el problema planteado en este proyecto.
- Diseñar, construir y describir la solución informática, acorde a resolver las necesidades de localización de la infraestructura física que dispone la universidad.
- Implementar la solución en un entorno de producción ofreciendo la solución a la comunidad de usuarios académicos y administrativos.

### 3. ANTECEDENTES

La información cartográfica, siempre ha sido fundamental para la ubicación de las personas, enfocada fundamentalmente al traslado de un sitio a otro, a la medición, división y administración de tierras, visualización de la topografía, tipo de suelos, vegetación, e información hidrológica, lo cual ha llevado a la definición de fronteras, y límites políticos, de ahí su importancia para la humanidad.

Un problema fundamental para la representación gráfica, son los sistemas de proyección de coordenadas, ya que sin estos no sería posible la representación de la información sobre un mapa, a lo largo de la historia cada país determinaba el modelo matemático que se ajustara mejor a las condiciones geodésicas, topográficas y geofísicas de su territorio, de ahí que existan múltiples sistemas de proyección y referencias. Con el surgimiento de los sistemas de posicionamiento global (GPS), este sistema logró determinar el geocentro de la tierra y con esto un modelo matemático que se ajustara de forma adecuada al geoide terrestre, dicho modelo está representado por un elipsoide denominado WGS84, el cual permite proyectar a través de un sistema cartesiano tridimensional cualquier posición sobre la superficie del elipsoide. Ahora con la tendencia que generó proyectos como Google Maps<sup>1</sup> se ha creado un sistema de proyección cartográfico (ver definición en la sección 4.4) denominado Spherical Mercator EPSG<sup>2</sup>: 900913 denominada también como Google Projection, es necesario transformar o re

---

<sup>1</sup> Google Maps es el nombre de un servicio gratuito de Google. Es un servidor de aplicaciones de mapas en la Web.

<sup>2</sup> EPSG o European Petroleum Survey Group, fue una organización científica vinculada a la industria del petróleo europea. Compilo y difundió el conjunto de parámetros geodésicos EPSG, una base de datos de elipsoides, datums, sistemas de coordenadas, proyecciones cartográficas, etc.

proyectar la información para poder publicar con referencias comerciales como Google<sup>1</sup>, o sistemas abiertos como OpenStreetMaps<sup>2</sup>.

Ahora si se analiza el uso cartográfico a nivel de edificios, lotes o parcelas, esta emplea escalas grandes y un nivel de precisión mayor el cual obliga a tener más detalle en la información representada; este criterio es fundamental para lograr una coincidencia de los elementos publicados, con los servicios de mapas empleados como referencia visual.

Los mapas de las ciudades del mundo son ahora una referencia para los GPS comerciales, para sistemas de mapas como los ofrecidos por Google, Microsoft y Yahoo, y de igual forma empleados sobre dispositivos móviles como teléfonos y PDA's, permitiendo el fácil acceso a información cartográfica general de cada individuo que la requiera.

Antes del auge de los mapas en internet, cada sitio que requería un conjunto de mapas para ayudar a sus visitantes a encontrar algún punto en particular, tenía que generar un plano impreso y publicarlo en lugares estratégicos o el usuario tenía que transportar el mapa, esto presenta el típico problema de des-actualización y deterioro natural, ahora gracias a la tecnología, es posible publicar los cambios de una forma más eficiente y dinámica, los sistemas de bases de datos hace varios años incluyen la capacidad de manejar información espacial, lenguajes de programación que hacen que las páginas web sean más dinámicas y estándares para servicios web geográficos como WMS (Web Map Service) definido por OGC<sup>3</sup>, son algunas de las tecnologías que están ahí para ser aprovechadas y resolver necesidades particulares.

---

<sup>1</sup> Google Inc, es la empresa propietaria de la marca Google, cuyo principal producto es el motor de búsqueda del mismo nombre.

<sup>2</sup> OpenStreetMaps o OSM, es un proyecto colaborativo para crear mapas libres y editables.

<sup>3</sup> Open Geospatial Consortium, su fin es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los sistemas de información geográfica y de la world wide web.

En la actualidad muchas instituciones universitarias a nivel mundial, han tratado de construir sistemas de mapas web, empleando tecnologías propietarias que les permita facilitar el acceso a sus usuarios a la información cartográfica de sus instalaciones y vínculos a sus sitios web, que inducen a los usuarios de estas tecnologías a depender de proveedores privativos y no aprovechar las ventajas implícitas del software libre.

### **3.1 MAPAS UNIVERSITARIOS**

Gracias al auge de los sistemas de localización y publicación de mapas a nivel web, los centros educativos han visto las ventajas de publicar la información de su infraestructura física, para proveer a todos los usuarios de las herramientas tecnológicas para localizar cada una de las instalaciones de una forma más eficiente. Ahora la tecnología no es el problema, ya que a nivel propietario años atrás empresas privadas ofrecían herramientas software para resolver este tipo de problemas, pero a unos costos privativos para algunas entidades, dejando atrás la posibilidad de crear soluciones adecuadas y eficientes para las comunidades académicas.

Por otro lado las comunidades de software libre y fuente abierta, gracias al apoyo de la comunidad en general, han logrado construir herramientas software que proveen los componentes para la integración de soluciones a la medida de cada institución o entidad que lo requiera, otorgando una ventaja adicional, que son los principios básicos del software libre.



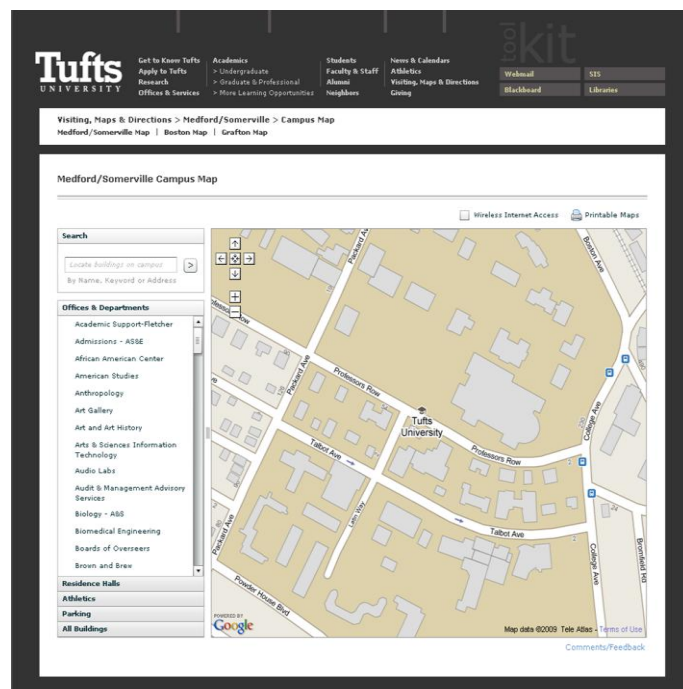
### 3.1.1 Casos Internacionales

Los casos más representativos se encuentran en las universidades norteamericanas, ya que muchas de ellas, sus instalaciones se encuentran dispersas en grandes extensiones de terreno. En cada uno de los ejemplos se observa el uso de diferentes herramientas tanto privativas como de software libre, pero en conclusión, se observa el enfoque de la solución.

#### 3.1.1.1 Tufts University

Utilizan un sistema de mapas, basado en tecnologías de Adobe y Google Maps, para localizar su infraestructura.

Figura 1: Ejemplo Tufts University



*Fuente: Universidad Tufts página de consulta campus universitario [en línea], [consultado 10 de marzo 2008]*

*Disponible en: "http://campusmaps.tufts.edu/medford/"*

**Aspectos Positivos:**

- La actualización cartográfica que dispone Google para los Estados Unidos.
- Mapas atractivos visualmente
- Interfaz intuitiva para el usuario final.

**Aspectos Negativos:**

- La información no cumple con los estándares de OGC
- Hay que pagar por licencias de herramientas propietarias
- La información se soporta sobre estándares privativos<sup>1</sup>.

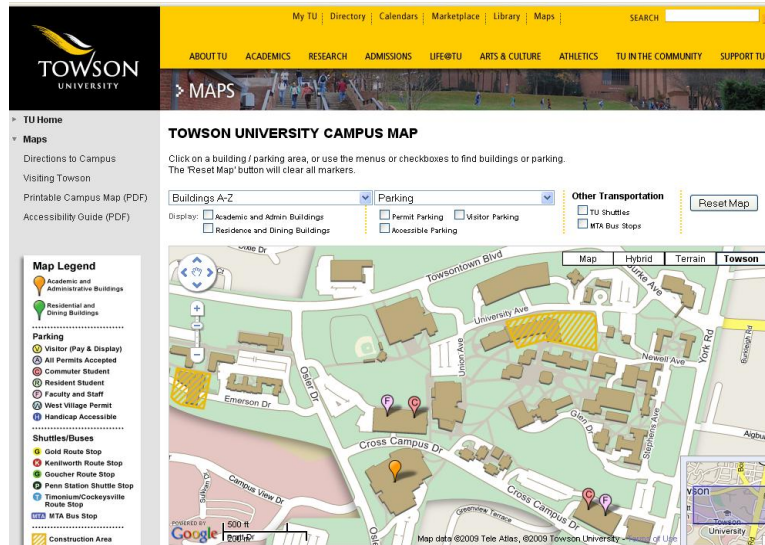
**3.1.1.2 Towson University**

Utilizan el API de Google Maps, para localizar su infraestructura física.

---

<sup>1</sup> Los estándares privativos o cerrados, están disponibles solo bajo términos muy restrictivos establecidos en un contrato con la organización que posee el copyright de la especificación. Un ejemplo de estándar abierto es HTML mientras que el formato de un documento de Microsoft Office es cerrado.

Figura 2: Ejemplo Towson University



Fuente: Universidad Towson página de consulta campus universitario [en línea],  
[consultado 10 de marzo 2008]

Disponible en: “<http://www.towson.edu/main/maps/index.asp>”

### Aspectos positivos:

- Uso de tecnología Google.
- Opciones de salidas graficas a través del formato PDF
- Interfaz intuitiva al usuario final
- Actualización cartográfica que dispone Google para Estados Unidos

### Aspectos Negativos:

- No dispone de una herramienta de búsqueda
- No dispone de información por piso y espacios, se limita a edificios y parqueaderos.
- No utiliza geoservicios según el estándar OGC.
- Esta limitado a la tecnología propietaria de Google.

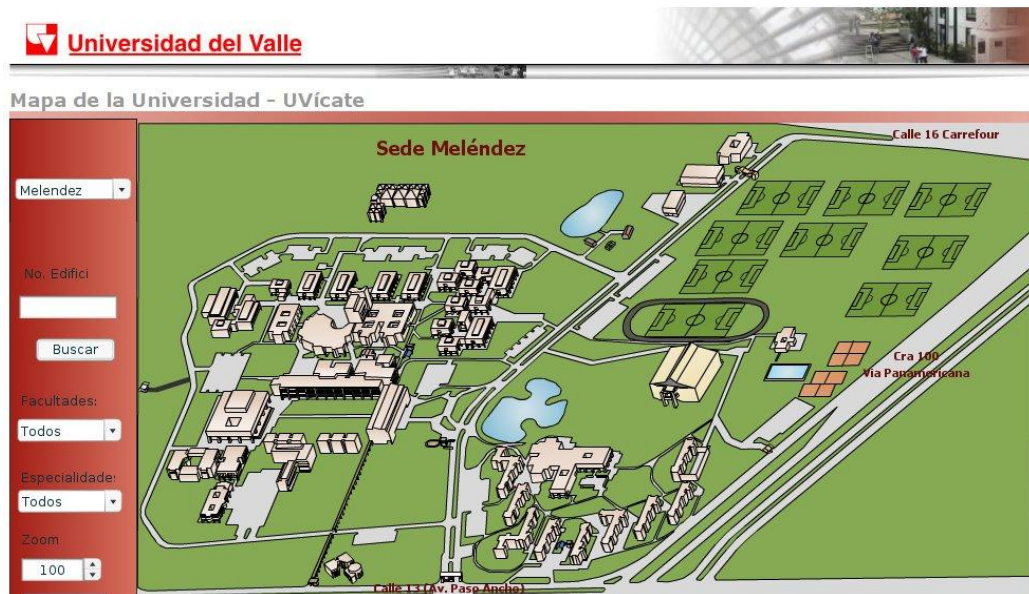
### 3.1.2 Casos Nacionales

En el caso de las universidades nacionales, son muy pocas las que cuentan con un sistema de mapas para localizar su infraestructura, y las que lo tienen implementado, utilizan en su gran mayoría tecnologías como Adobe Flash o simples imágenes estáticas con información no especializada ni georeferenciada.

#### 3.1.2.1 Universidad del Valle

Emplean para la publicación del mapa tecnología Flash, con información no georeferenciada y sin estándares ogc.

Figura 3: Ejemplo Universidad del Valle



Fuente: Universidad del Valle Colombia, página de consulta campus universitario [en línea], [consultado el 10 de marzo de 2008]

Disponible en: <http://www.univalle.edu.co/mapas/uvicate/index.html>

**Aspectos Positivos:**

- Ya que su infraestructura está distribuida sobre una gran extensión de terreno, han creado una herramienta visualmente agradable, con la ubicación aproximada de su infraestructura física.
- Utilizan una interfaz sencilla pero práctica para el usuario final.

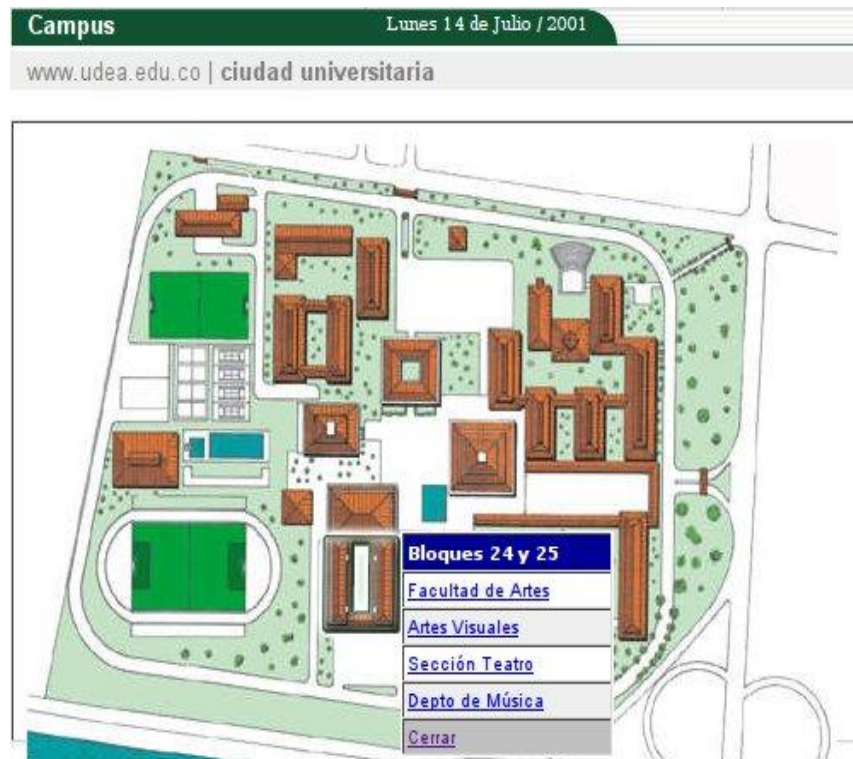
**Aspectos Negativos:**

- Está basado solamente en tecnología propietaria de Adobe.
- No es fácilmente actualizable, requiere de licenciamiento para la herramienta de construcción y modificación de la información
- No maneja estándares, ni conceptos de geoservicios.

**3.1.2.2 Universidad de Antioquia**

Aquí utilizan estándares abiertos, como lo es HTML y java script, pero sigue sin ser información georeferenciada, y sin estándares geoespaciales.

Figura 4: Ejemplo Universidad de Antioquia



Fuente: Universidad de Antioquia Colombia página de consulta campus universitario [en línea], [consultado el 10 de marzo de 2008]

#### Aspectos positivos:

- Utilizan estándares W3C, como lo es HTML y JavaScript.
- Contiene la información básica de la infraestructura física del campus universitario.

#### Aspectos Negativos:

- No utilizan geoservicios.
- El sistema de actualización es demasiado rudimentario.
- La interfaz grafica de usuario, no es amigable.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 GENERALIDADES

Para poder afrontar este tipo de problemas, es necesario determinar a nivel general algunos conceptos básicos que permitan al lector asimilar más fácilmente las tecnologías necesarias y su importancia dentro de la construcción de aplicaciones que ofrezcan servicios de mapas a nivel web, claro está que sin dejar de lado el rigor teórico que exige este proyecto, el cual será profundizado a lo largo del mismo.

Los servicios de mapas web, están fundamentados en los sistemas de información geográfica, estos se definen como:

"Un sistema de cómputo para obtener, almacenar, integrar, manipular, analizar y representar datos relativos a la superficie terrestre"<sup>1</sup>

De acuerdo a esto, se destaca la integración de diferentes elementos para poder crear una aplicación web que proporcione información cartográfica. Un elemento fundamental es poder representar sobre un plano, información geográfica real que se encuentra sobre una superficie geoidal<sup>2</sup> como es la Tierra misma, para esto los matemáticos, desarrollaron los sistemas de referencia, los cuales definen la forma y las dimensiones de la Tierra, así como el origen y la orientación de los sistemas de coordenadas. Los sistemas de coordenadas tradicionales están definidos por sistemas de coordenadas polares, como la Latitud y la Longitud, cuyo origen de medida es el Ecuador y el meridiano de Greenwich, en los planos de escalas grandes es necesario considerar una porción de tierra como una superficie plana y para esto se emplean sistemas de coordenadas cartesianas, referidos a coordenadas Norte y Este, cuyo origen está determinado por una intersección de un meridiano con un paralelo en particular.

---

<sup>1</sup> Definición propuesta por [Association for Geographic Information, A.G.I.]. AGI, existe para representar los intereses de la información geográfica en el Reino Unido, de la industria, un grupo amplio de organizaciones públicas y privadas del sector, los proveedores de software, hardware, datos y servicios, consultores, académicos y personas interesadas.

<sup>2</sup> Geoidal, de Geoide, se denomina geoide al cuerpo de forma casi esférica aunque con un ligero achatamiento en los polos, definido por la superficie equipotencial del campo gravitatorio terrestre que coincide con el nivel medio del mar.

Gracias al avance tecnológico, y a los sistemas de posicionamiento global como lo es GPS (Global Position System), que permitió determinar el geocentro de masas de la tierra y de esta forma determinar realmente la forma y dimensiones de la tierra, hace posible que hoy en día cualquier persona con un dispositivo GPS portátil se ubique sobre la superficie terrestre con una gran precisión, apoyado en los sistemas de referencia.

Otro componente importante dentro del entorno de aplicaciones web, son los protocolos de comunicación, para esto diversas instituciones académicas, de investigación y comerciales, integraron el OGC (Open Geospatial Consortium), para definir los estándares en el ámbito geoespacial. El estándar más importante y empleado en la mayoría de los servicios de mapas web es WMS (Web Map Services), es la especificación del protocolo estándar para la generación de mapas cartográficos en la web.

Para publicar información georeferenciada, es necesario contar con un mapa de referencia, hoy en día, existen varias empresas que ofrecen servicios de mapas, como Google, Yahoo, Microsoft y OpenStreetMaps, entre otros, cada uno de estos servicios, públicos y privados, contienen suficiente información básica lo cual permite que se puedan emplear como un mapa de referencia y permitan superponer la información cartográfica de interés sobre estos.

El primer elemento básico, para el almacenamiento, consulta y análisis de datos, son las bases de datos, para servicios de mapas existen lo que se denomina como bases de datos espaciales, las cuales se puede definir como un sistema administrador de bases de datos que maneja datos existentes en un espacio o datos espaciales, y que permite manejar datos georeferenciados y no georeferenciados, en la actualidad existen varios sistemas de gestión de Bases de Datos Espaciales, comerciales y libres.

El siguiente elemento a nivel lógico, está compuesto por los servidores de mapas, los cuales proveen cartografía a través de la red tanto en modo vectorial como con imágenes. La especificación estándar para estos servidores es la OGC.

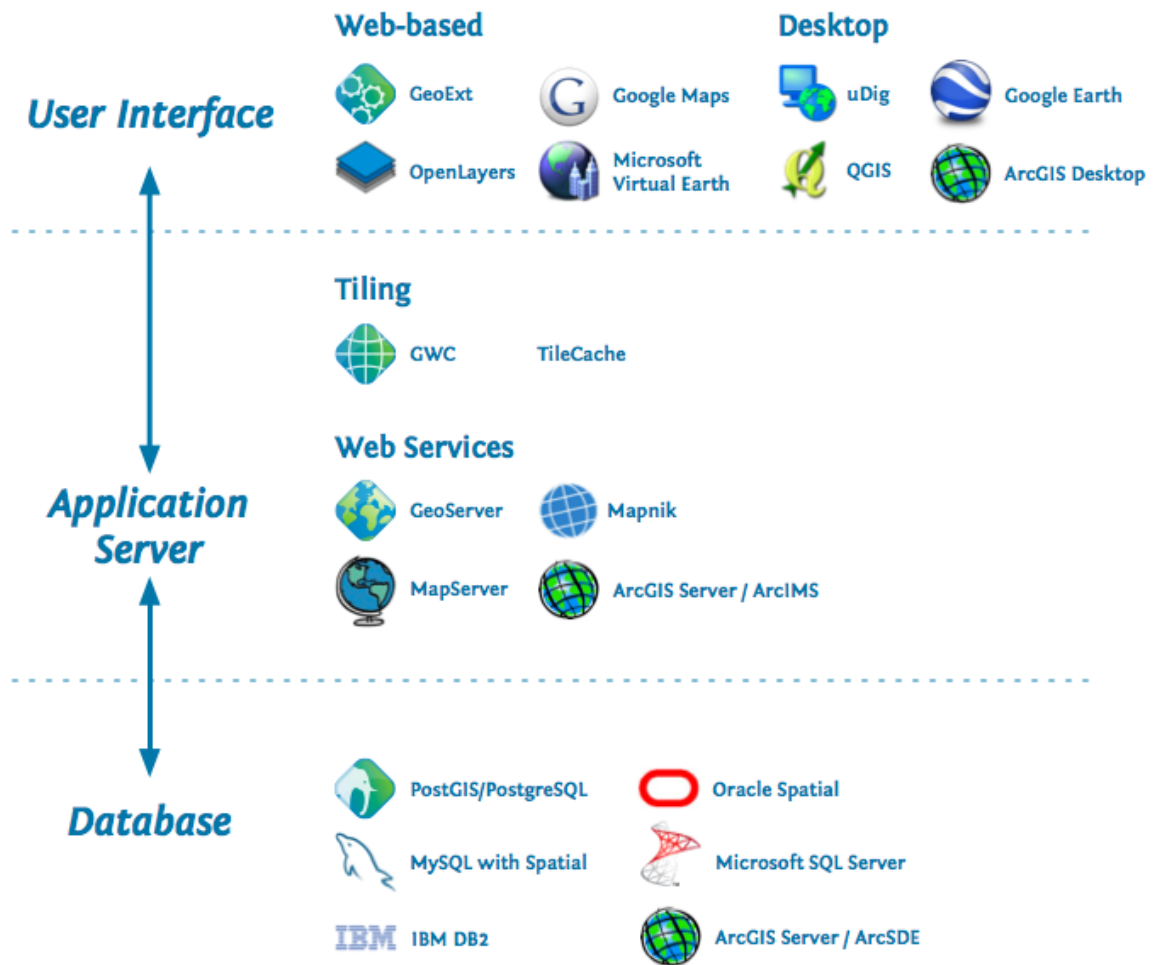
Y en el nivel de usuario, están las aplicaciones livianas y las pesadas, las aplicaciones livianas se pueden definir como aquellas que pueden ser empleadas por un usuario a través de un navegador web, y que realizan consultas básicas de información sin ejecutar ningún proceso pesado del lado del cliente, y las aplicaciones pesadas, son aquellas que requieren ser instaladas sobre la maquina del cliente, y que son capaces de realizar procesos avanzados y consuman muchos recursos de hardware.



De acuerdo a lo anterior, es necesario contar con una herramienta denominada cliente SIG (Sistema de Información Geográfico), la cual es una aplicación SIG inmersa dentro de una arquitectura cliente servidor, en este caso se emplea para crear, editar y eliminar información vectorial geoespacial y sus atributos. Existen en el mercado diversidad de soluciones tanto comerciales como libres, cada una con sus características particulares, pero que a la final cumplen con el objetivo de su definición.

En la siguiente figura, se resume la arquitectura requerida para crear servicios de mapas a nivel web.

Figura 5: Arquitectura publicación de servicios de mapas web



Fuente: Presentación Free and Open Source Software for Geospatial FOSS4G Sydney 2009 [en línea], [consultado 15 de junio de 2009] Disponible en: <http://assets.en.oreilly.com/1/event/25/Spatial%20Database%20Tips%20and%20Tricks%20Presentation.ppt>

En la Figura 5, se define como una arquitectura de tres capas, una capa de base de datos, en donde se puede emplear cualquier administrador de base de datos con capacidad espacial, como:

- PostGIS / PostgreSQL
- MySQL con Spatial
- IBM DB2
- Oracle Spatial
- Microsoft SQL Server
- ArcGIS Server / ArcGIS

Una capa de aplicación a nivel servidor, en donde se ejecutan la publicación de mapas a través de protocolos y estándares definidos por OGC, como pueden ser:

- GeoServer
- MapServer
- MapNik
- ArcGIS / ArcIMS

Y una interfaz de usuario, que puede estar compuesta por clientes pesados a nivel Desktop o clientes ligeros a nivel Web, estas aplicaciones deben tener la capacidad de consumir servicios web geográficos sobre estándares definidos y soportados por los servidores de mapas, algunas de las aplicaciones comerciales y libres son:

- Cliente Desktop
  - Udig
  - QGis
  - Google Earth
  - ArcGIS Desktop
- Cliente Web

- GeoExt
- OpenLayers
- Google Maps
- Microsoft Virtual Earth

A continuación se profundiza en cada uno de los conceptos teóricos, aquí descritos y que son necesarios para poder implementar e integrar este tipo de soluciones.

## **4.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO**

Existen muchas definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con la infraestructura de un municipio, región o incluso a nivel de país.

A continuación se presentan un par de definiciones más académicas sobre lo que es un SIG:

"Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelación y salida de datos espaciales referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión", [Nacional Center for Geographic Information and Analysis, N.C.G.I.A]<sup>1</sup>.

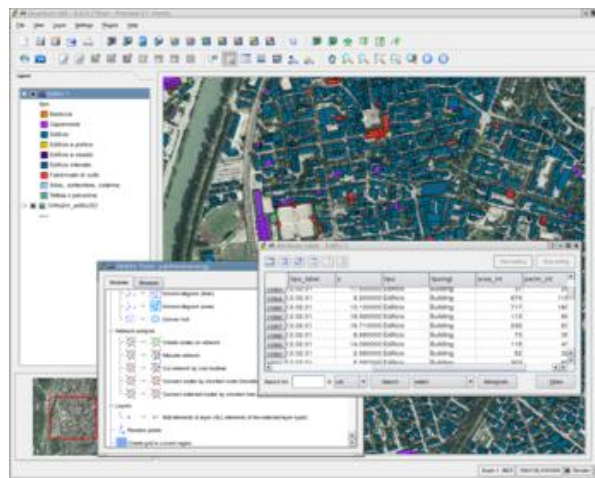
---

<sup>1</sup> NCGIA, es una organización independiente de investigación dedicado a la investigación básica y educación en ciencias de la información geográfica y las tecnologías relacionadas, incluido los sistemas de información geográfico (SIG)

"Un sistema de cómputo para obtener, almacenar, integrar, manipular, analizar y representar datos relativos a la superficie terrestre", [Association for Geographic Information, A.G.I.]<sup>1</sup>.

En este documento se asumirá la segunda definición para sistema de información geográfico.

Figura 6: Interfaz grafica software SIG



Fuente: Página de Quantum GIS en Wikipedia [en línea], [consultado el 10 de marzo de 2008] Disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Qgis08\\_grass6\\_toolbox.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Qgis08_grass6_toolbox.png)

En general un SIG debe tener la capacidad de dar respuesta a las siguientes preguntas:

- Localización: ¿Qué hay en ...?
- Condición ¿Dónde sucede que ...?
- Tendencias ¿Qué ha cambiado...?
- Rutas ¿Cuál es el camino óptimo...?

---

<sup>1</sup> AGI, existe para representar los intereses de la información geográfica en el Reino Unido, de la industria, un grupo amplio de organizaciones públicas y privadas del sector, los proveedores de software, hardware, datos y servicios, consultores, académicos y personas interesadas.

- Modelos: ¿Qué ocurriría si...?

Las preguntas anteriores son de interés primordial en actividades relacionadas con la planificación. Para instituciones de investigación, los SIG contribuyen en el estudio de distribución y monitoreo de recursos, tanto naturales como humanos, tecnológicos, de infraestructura y sociales así como en la evaluación del impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente respectivo.

Toda la generación de nueva información que puede proveer un SIG depende significativamente de la información que posee la base de datos disponible. La calidad de esta base de datos y sus contenidos determina la cantidad y calidad de los resultados obtenidos del SIG frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Solo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía para analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, todo tendiente a contribuir a tomar mejores decisiones.

#### **4.2.1 Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica**

En la mayoría de los sectores los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones, a continuación se describe brevemente algunas de sus aplicaciones principales:

- **Cartografía automatizada:** Las entidades públicas han implementado este componente de los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartográfica. Dichos planos son puestos a disposición de las empresas a las

que puedan resultar de utilidad estos productos son la condición de que estas entidades se encargan posteriormente de proveer versiones actualizadas de manera periódica.

- **Infraestructura:** Algunos de los primeros sistemas SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y administración de redes de electricidad, gas, agua, teléfono, alcantarillado, etc., en este caso, los sistemas SIG almacenan información alfanumérica de servicios relacionados con las distintas representaciones gráficas de los mismos. Estos sistemas almacenan información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, con el fin de realizar un análisis de redes.

**Cartografía digital 3D:** Este tipo de información tridimensional de construcciones civiles, es requerida para realizar, por ejemplo, la planeación de la cobertura de las ondas de radio en una población ubicando rebotes de ondas radiales entre antenas, optimización de redes, ubicación de antenas, interferencia de radio frecuencia, tendido de líneas de transmisión en 3D; o en el caso de planeación de un aeropuerto este modelo tridimensional permitiría realizar el estudio de los espacios aéreos que intervienen en el proceso de diseño referenciado, en su caso, la viabilidad técnica de su construcción.

#### **4.2.2 Comparativa de software SIG**

En la siguiente tabla se comparan los principales productos software especializados en SIG, se compara el sistema operativo sobre el cual pueden funcionar sin problema, el entorno de ejecución y el tipo de licenciamiento abierto o privativo.

Figura 7: Comparativa de Software SIG

Software SIG	Windows	Mac OS X	GNU/Linux	BSD	Unix	Entorno Web	Licencia de software
ABACO DbMAP	Si	Si	Si	Si	Si	Java	Software no libre
ArcGIS	Si	No	No	No	Si	Si	Software no libre
Autodesk Map	Si	No	No	No	No	Si	Software no libre
Caris	Si	No	No	No	No	Si	Software no libre
CartaLinx	Si	No	No	No	No	No	Software no libre
Geomedia	Si	No	No	No	Si	Si	Software no libre
GeoPista	Java	Java	Java	Java	Java	Si	Libre: GNU
GeoServer	Si	Si	Si	Si	Si	Java	Libre: GNU
GRASS	Si	Si	Si	Si	Si	Mediante pyWPS	Libre: GNU
gvSIG	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre: GNU
IDRISI	Si	No	No	No	No	No	Software no libre
ILWIS	Si	No	No	No	No	No	Libre: GNU
Generic Mapping Tools	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Libre: GNU
JUMP	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre: GNU
Kosmo	Java	Java	Java	Java	Java	En desarrollo	Libre: GNU
LocalGIS	Java	Java	Java	Java	Java	Si	Libre: GNU
Manifold	Si	No	No	No	No	Si	Software no libre
MapGuide Open Source	Si	Si	Si	Si	Si	LAMP/WAMP	Libre: LGNU
MapInfo	Si	No	Si	No	Si	Si	Software no libre
MapServer	Si	Si	Si	Si	Si	LAMP/WAMP	Libre: BSD
Maptitude	Si	No	No	No	No	Si	Software no libre
MapWindow GIS	Si (ActiveX)	No	No	No	No	No	Libre: MPL
MicroStation Geographics	Si	Abandonado	No	No	Abandonado	Si	Software no libre
Quantum GIS	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Libre: GNU

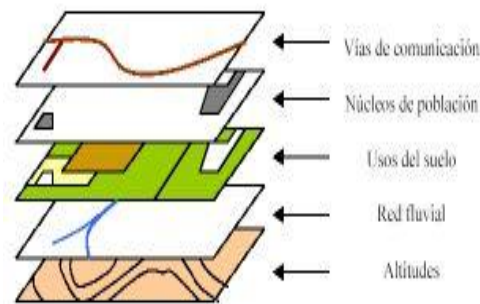
*Fuente: Página Comparasion de software de sistema de información geográfico en Wikipedia [en línea], [consultado el 20 de marzo de 2008] Disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_geographic\\_information\\_systems\\_software](http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_geographic_information_systems_software)*

### 4.3 DATOS ESPACIALES

Un modelo de datos geográfico es una abstracción del mundo real que emplea un conjunto de objetos dato, para soportar el despliegue de mapas, consultas, edición y análisis. Los datos geográficos, presentan la información en representaciones subjetivas a través de mapas y símbolos, que representan la geografía como formas geométricas, redes, superficies, ubicaciones e imágenes, a los cuales se les asignan sus respectivos atributos que los definen y describen.

Un dato espacial es una variable asociada a una localización del espacio. Normalmente se utilizan datos vectoriales, los cuales pueden ser expresados mediante tres tipos de objetos espaciales.

Figura 8: Clasificación de Datos Espaciales



Fuente: Página de Base de datos espaciales Wikipedia [en línea], [consultado el 20 de Septiembre de 2008] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Sig.jpg>

#### 4.3.1 Puntos

Se encuentran determinados por las coordenadas terrestres medidas por latitud y longitud. Por ejemplo, ciudades, accidentes geográficos puntuales, hitos.

#### 4.3.2 Líneas

Objetos abiertos que cubren una distancia dada y comunican varios puntos o nodos, aunque debido a la forma esférica de la tierra también se le consideran como arcos. Líneas telefónicas, carreteras y vías de trenes son ejemplos de líneas geográficas.

#### 4.3.3 Polígonos

Figuras planas conectadas por distintas líneas u objetos cerrados que cubren un área determinada, como por ejemplo países, regiones o lagos.



De esta forma la información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas (x, y). La ubicación de una característica puntual, pueden describirse con un sólo punto (x, y). Las características lineales, pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas (x, y). Las características poligonales, pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. La otra forma de expresar datos espaciales es mediante rasterización, la cual, a través de una malla que permite asociar datos a una imagen; es decir, se pueden relacionar paquetes de información a los píxeles de una imagen digitalizada.

Los datos espaciales además se caracterizan por su naturaleza georreferenciada y multidireccional. La primera se refiere que la posición relativa o absoluta de cualquier elemento sobre el espacio contiene información valiosa, pues la localización debe considerarse explícitamente en cualquier análisis. Por multidireccional se entiende a que existen relaciones complejas no lineales, es decir que un elemento cualquiera se relaciona con su vecino y además con regiones lejanas, por lo que la relación entre todos los elementos no es unidireccional. Es decir, todos los elementos se relacionan entre sí, pero existe una relación más profunda entre los elementos más cercanos. Como destaca Tobler<sup>1</sup>.

"todo tiene que ver con todo, pero las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas lejanas"<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Waldo Tobler, Cartógrafo y Geógrafo Suizo – Americano. Es profesor emérito de la universidad de California, Santa Barbara en el departamento de Geografía.

<sup>2</sup> Definición considerada como la primera ley de la geografía.

## **4.4 SISTEMAS DE PROYECCIÓN**

La proyección cartográfica o proyección geográfica es un sistema de representación gráfico que establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana (mapa). Estos puntos se localizan auxiliándose en una red de meridianos y paralelos, en forma de malla.

### **4.4.1 Tipos de proyecciones cartográficas**

Dependiendo de cuál sea el punto que se considere como centro del mapa, se distingue entre proyecciones polares, cuyo centro es uno de los polos; ecuatoriales, cuyo centro es la intersección entre la línea del Ecuador y un meridiano; y oblicuas o inclinadas, cuyo centro es cualquier otro punto.

## **4.5 BASES DE DATOS ESPACIALES**

Base de datos espacial es un sistema administrador de bases de datos que maneja datos existentes en un espacio o datos espaciales. El espacio establece un marco de referencia para definir la localización y relación entre objetos. El que normalmente se utiliza es el espacio físico que es un dominio manipulable, perceptible y que sirve de referencia. La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada que pueda ser procesada por el lenguaje de las computadoras actuales. Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir.

La estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas, conlleva cierto nivel de dificultad. En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren los computadores implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos. En segundo lugar, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar; la topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos puede llegar a ser muy compleja, ya que son muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad.

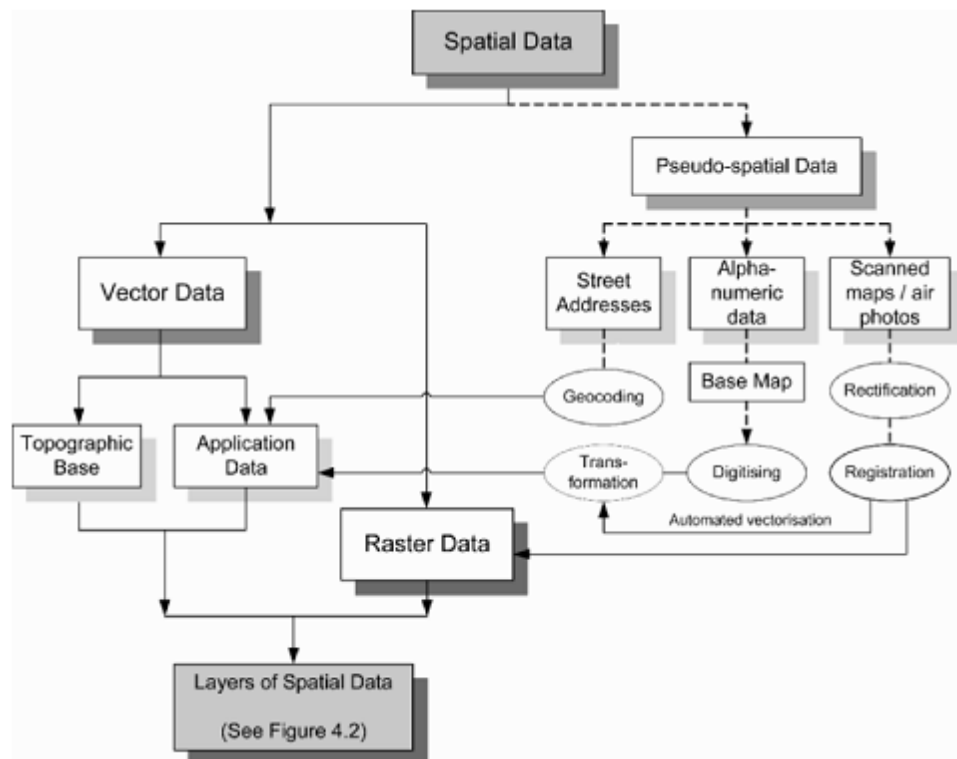
#### **4.5.1 Datos Espaciales en Bases de Datos**

Los datos espaciales son datos que pueden ser visualizados, manipulados y analizados a través de un atributo espacial que determina su localización en o sobre la superficie de la Tierra. Los atributos espaciales son normalmente propuestos en forma de par coordenado, esto permite conocer la posición de un punto o la figura de un objeto particular que puede ser medido y representado geográficamente. Los datos espaciales tienen dos propiedades importantes:

- La referencia a un espacio geográfico, lo cual significa que los datos son registrados en un sistema de coordenadas geográficas que abarca un área de superficie de la Tierra, de modo que los datos de fuentes diferentes, puede ser una referencia cruzada y espacialmente integrado.
- Están representados en una variedad de escalas geográficas, y cuando los datos espaciales se registran en relativamente pequeñas escalas, representando grandes áreas en o cerca de la superficie de la Tierra, deben ser generalizados y simbolizados.

Los datos espaciales son organizados y almacenados en dos formas fundamentales llamados vectores y raster. La unidad básica del dato espacial en una forma vectorial es el objeto geográfico, el cual es una característica discreta del mundo real o fenómeno representado por un punto, una línea o un polígono. En una base de datos espacial, los datos vectoriales pueden ser almacenados como parte de una base topográfica cuya función es la de proveer la base de referencia espacial para los datos almacenados y su análisis. El conjunto de datos en la base topográfica incluye la referencia geodésica como control que permite agrupar todos los elementos típicos de un mapa cartográfico.

Figura 9: Tipos de datos espaciales



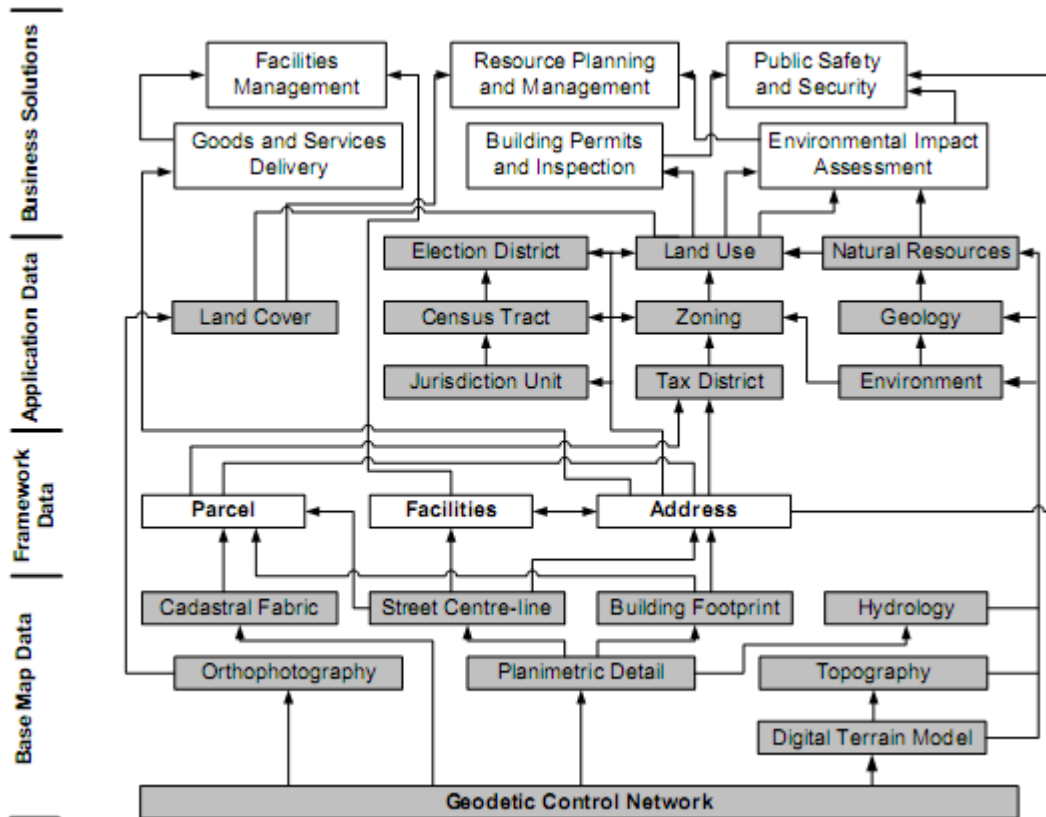
Fuente: YEUNG Albert K, Spatial Database Systems, Design, Implementation and Project Management, Springer, Netherlands 2007, [Libro] pág 95

#### 4.5.2 Perspectiva Funcional De Los Datos Espaciales

En el ambiente de las bases de datos espaciales es lógica la clasificación de los datos de acuerdo a su respectiva función en la administración de la base de datos y su aplicación. Hay cuatro categorías de datos espaciales en una clasificación funcional:

- **Capa de datos mapa base.** Este incluye la red de control geodésico que forma el framework de la referencia espacial para todos los datos en la base de datos, y varios tipos de datos topográficos base son usados para proveer la referencia geográfica requerida por la colección, análisis y visualización de aplicaciones y soluciones de negocio que son descritas más adelante.
- **Capa de datos Framework.** Este incluye tres capas interrelacionadas para la referencia grafica de actividades humanas en la tierra, nombradas como:
  - capa parcela la cual proporciona el framework para el desarrollo de terrenos y aplicación de administración de tierras.
  - una capa de instalaciones que forma las bases para la administración de instalaciones en utilidades publicas y administración de recursos, y
  - una capa de direcciones la cual es usada por la nomenclatura postal.
- **Capa de datos de aplicación.** Esta incluye una multitud de datos espaciales reunidos y utilizados por diferentes aplicaciones de bases de datos en tierras y administración de recursos, utilizando el mapa base y la capa de framework como las bases de referencia geográfica.
- **Capa de soluciones de negocio.** Este es el conjunto de capas de datos espaciales, incluyendo el framework, la capa de aplicación y sus derivados, junto con datos relevantes y relacionados con datos no espaciales, estos son ensamblados para soportar la operación y funciones de toma de decisiones de departamentos o divisiones en una organización.

Figura 10: Clasificación funcional de datos espaciales



Fuente: YEUNG Albert K, Spatial Database Systems, Design, Implementation and Project Management, Springer, Netherlands 2007, pág 97 [Libro]

#### 4.5.3 El Concepto De “Geometría” Como Dato Espacial

El campo de la geometría es comúnmente entendido como una rama de las matemáticas que trata con las propiedades y relaciones de puntos, líneas, ángulos, superficies y sólidos desde cero y dimensiones superiores del espacio. En el contexto de procesar datos espaciales, la palabra geometría asumió un nuevo significado cuando el Open Geospatial Consortium (OGC) formalizó su uso en la publicación de su OpenGIS Simple feature Specification for SQL (OGC, 1999). En este documento, el OGC propuso una jerarquía de tipos de datos

espaciales, llamado el modelo de objetos de la geometría, que permite a las características espaciales ser representadas en una base de datos. En el modelo de objeto geométrico, la palabra “geometría” es utilizada para representar una característica espacial como un “objeto” que tenga al menos un atributo de tipo geométrico en una base de datos.

La definición de la geometría OGC es ahora adoptada de forma generalizada en la industria de las bases de datos espaciales. Muchos proveedores de software de base de datos han propuesto diferentes geometrías en sus productos. Al definir una o más columnas de una tabla de relaciones como tipos abstractos de datos, un usuario puede almacenar en una base de geometrías convencionales y gestionarlos de la misma manera que se gestionan los datos alfanuméricos. Los sistemas de bases de datos que están habilitados para almacenar y manejar geometrías como tipos de datos espaciales, se denominan sistemas de bases de datos espaciales.

#### **4.5.4 Análisis Espacial**

Una consulta espacial de base de datos es una consulta que utiliza funciones geométricas para responder a las preguntas sobre el espacio y los objetos en el espacio. Extender la base de datos espaciales con herramientas como PostGIS es como añadir un conjunto de funciones que trabajan con objetos geométricos, en una base de datos similar en concepto de funciones que trabajan con fechas. Por ejemplo, con una fecha, que tienen funciones que le diga cuántas horas / días / minutos / años / semana son entre dos fechas o es esta fecha en el futuro o el pasado.

Además de ser capaz de hacer preguntas sobre el uso del espacio, las funciones espaciales permiten crear y modificar objetos en el espacio. Esta parte del análisis espacial se refiere a menudo en cómo se tratan las geometrías y los objetos espaciales.

#### **4.5.5 PostgreSQL**

Es un sistema de gestión de base de datos relacional orientada a objetos de software libre, publicado bajo la licencia BSD.

##### **4.5.5.1 Historia de PostgreSQL**

Si se mirara el árbol genealógico de PostgreSQL se vería algo como esto:

(Ingres, System-R)

- Postgres
  - Illustra
    - Informix
    - IBM Informix
  - Postgres95
    - PostgreSQL

De hecho PostgreSQL es un primo de las bases de datos Sybase y Microsoft SQL Server, ya que la gente que empezó a Sybase provino de UC Berkeley y trabajó en Ingres y/o proyectos de PostgreSQL con Michael Stonebraker. Michael Stonebraker es considerado por muchos como el padre de PostgreSQL y uno de los padres fundadores de los sistemas administradores de base de datos objeto-relacional. El código fuente de Sybase SQL Server fue licenciado posteriormente por Microsoft como Microsoft SQL Server.



#### 4.5.5.2 Características únicas

- Varias opciones a elegir para la escritura de funciones de base de datos que puede devolver valores escalares simples, así como conjuntos de datos. Ninguna base de datos open source o comercial hasta ahora puede competir con ella en este sentido. Los formatos más comunes están incorporados en SQL, PL/pgSQL, PL/Perl, PL/Python y PL/R. DBII IBM y Microsoft SQL Server se acercan con funciones .NET, pero no es tan elegante como ser capaz de escribir el código directo en la base de datos. Oracle solo es compatible con PL/SQL y Java.
- Soporte para matrices. PostgreSQL es el único entre las bases de datos en el que las matrices son considerados como ciudadanos de primera clase. Se puede definir cualquier columna de la tabla como un arreglo de cadenas, números, fechas, geometrías o incluso la creación de tipos de datos propios. Además, puede convertir cualquier lista de columnas en una fila de una matriz, lo cual es muy útil para la manipulación de geometrías.
- Tabla de herencia PostgreSQL tiene la característica llamada tabla de herencia que es una especie de herencia de objetos multi producto y le permite tratar un conjunto de tablas, con una sola tabla, así como la definición de jerarquías de herencia anidadas. A menudo se utiliza para las estrategias de partición de tablas.
- Capacidad para definir funciones agregadas que tengan más de una columna.

#### 4.5.6 PostGIS

Es un modulo que añade soporte de objetos geográficos a la base de datos objeto-relacional PostgreSQL, convirtiéndola en una base de datos espacial para

su utilización en Sistemas de Información Geográfica. Se publico bajo la Licencia general de GNU.

PostGIS proporciona más de 300 operadores espaciales, las funciones espaciales, los tipos de datos espaciales y el equipamiento espacial de indexación. Si se añade a la mezcla de las características complementarias de PostgreSQL y otros proyectos relacionados con PostgreSQL pueden, entonces tener un gran potencial para trabajo duro, así como una herramienta valiosa para la formación de conceptos espaciales.

#### **4.5.6.1 Alternativas a PostgreSQL y PostGIS**

PostGIS/PostgreSQL no es la única base de datos espacial que existe. Muchos de los sistemas de base de datos relacionales comerciales de alto nivel proveen funcionalidad espacial. Las primeras dos son Oracle (la cual incluye Locator y por un costo asociado Oracle Spatial), IBM DBII e IBM Informix con un costo asociado tiene la opción de Spatial DataBlade y Geodetic DataBlade, y actualmente SQL Server 2008 con la inclusión de tipos Geometry y Geodetic geography en compañía de funciones espaciales.

Mientras que PostGIS/PostgreSQL fue la primera base de datos en soportar el estándar espacial SQL de OGC, otras han comenzado a adoptarlo. MySQL está adoptando el soporte espacial. Ingres, el primo mayor de PostgreSQL está también mejorando el soporte espacial. El nuevo niño en la escena es SpatialLite el cual es el complemento de la base de datos portable open source SQLite.

MySQL 4 y 5 tiene funcionalidad espacial integrada, con excepción de sus funciones geométricas solo han trabajado con los recuadros de delimitación de geometrías y no han proporcionado el acceso indexado a excepción de las tablas almacenadas MyISAM. Sólo recientemente (y todavía no se liberan a producción).

La base de datos Ingres de código abierto de Ingres Corporation y un pariente cercano de PostgreSQL, es la adición de las capacidades especiales de su oferta. De hecho, en su construcción utilizan su capacidad espacial en base al motor de geometría abierto GEOS, que es la misma biblioteca utilizada por PostGIS en gran parte para sus funciones espaciales avanzadas y también son contribuyentes al proyecto GEOS.

Adicional a la función espacial proporcionada por la base de datos comercial más popular, Environmental System Research Institute (ESRI), ha venido proveyendo por mucho tiempo su motor de base de datos espacial (SDE) con el producto ArcGIS. El motor de SDE está muy integrado en la línea de productos ArcGIS y se utiliza a menudo para permitir que las bases de datos espacialmente, como Microsoft SQL Server 2005 la cual por debajo carecía de funcionalidad espacial.

Además, a menudo compite con la funcionalidad integrada de bases de datos existentes, tales como Oracle Locator y Oracle Spatial, para bien o para mal. En la versión 9.3 de ArcGIS, ESRI introdujo soporte para PostGIS.

## **4.6 SERVIDORES DE MAPAS**

Los servidores de mapas permiten al usuario la máxima interacción con la información geográfica. Por un lado el usuario o cliente accede a información en su formato original, de manera que es posible realizar consultas tan complejas como las que haría un SIG. Un servidor de mapas funciona enviando, a petición del cliente, desde su navegador de internet, una serie de paginas html (normalmente contenido dinámico DHTML), con una cartografía asociada en formato de imagen. Un servidor de mapas es, de hecho, un SIG a través de internet. Las primeras versiones de servidores de mapas sólo permitían realizar funciones básicas de visualización y consultas alfanuméricas simples. En las versiones más recientes es posible realizar funciones mucho más avanzadas.

El servidor de mapas es personalizable, es decir, se pueden preparar o programar las herramientas de manera que sean intuitivas para el usuario no experto en SIG.

### **Funcionalidades**

- Visualización
- Identificación de atributos
- Consultas de atributos
- Conexión con bases de datos
- Selección de elementos
- Calculo de rutas óptimas para la navegación
- Capacidad de imprimir el mapa

#### **4.6.1 Acceso A Formatos De La Cartografía**

En general los servidores de mapas pueden acceder directamente, sin necesidad de interpretar y modificar diversos formatos propietarios, ajenos y públicos de cartografía vectorial en CAD y SIG y de imágenes raster.

MapXtreme 4 <sup>1</sup> accede directamente a sus formatos propietarios TAB<sup>2</sup>, a Oracle<sup>3</sup> y shapefile<sup>4</sup> de ESRI, pero no accede directamente a formatos CAD<sup>5</sup>. ArcIMS 4<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> MapXtreme es un servidor de aplicación, para despliegue de mapas sobre internet, disponible en Edición Java.

<sup>2</sup> MapInfo TAB format, es un formato de datos vectoriales geoespaciales, para software de sistemas de información geográfica, fue desarrollado por MapInfo como un formato propietario.

<sup>3</sup> Base de datos Oracle, es un sistema administrador de bases de datos relacional

<sup>4</sup> El formato ESRI Shapefile (SHP) es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI.

<sup>5</sup> Acronimo de Computer Aided Design, el diseño asistido por computador.

<sup>6</sup> ArcIMS (entendido como Arc Internet Map Server) es un Servidor de Mapas Web producido por ESRI.

dispone de un modulo denominado ArcGIS Server <sup>1</sup> que accede a los formatos CAD más comunes, aunque ArcIMS no accede directamente a otros formatos de SIG, como MIF<sup>2</sup> de MapInfo sino a través de transformación de formato. Por su parte Bentley Publisher <sup>3</sup> accede a todos los formatos CAD standard del mercado pero solo lee directamente sus formatos de SIG propios.

#### **4.6.2 Tipo De Cliente Y Funcionalidad**

El tipo de cliente suele depender de la funcionalidad que ofrece el servidor de mapas. Algunos servidores de mapas no soportan un explorador de HTML para la funcionalidad básica. En estos casos el navegador no es capaz de realizar funciones sencillas (zooms, identificar los atributos de un elemento cartográfico, control de visibilidad de capas, etc.) sino que precisa la instalación de un software complementario. En el caso de Bentley Publisher solo es necesario instalar un componente en el cliente para poder visualizar formatos vectoriales. Con Bentley Publisher es posible realizar funciones básicas y avanzadas con clientes para HTML que no precisan "plugins".

Autodesk MapGuide<sup>4</sup> puede enviar al navegador un formato genérico (PNG)<sup>5</sup> a condición de instalar un "Applet"<sup>6</sup> de java en el cliente y además, de que el administrador desarrolle todas las herramientas a través de programación.

---

<sup>1</sup> ArcGIS Server es un software de Sistemas de Información Geográfica, desarrollado por ESRI y orientado a la Web ofreciendo servicios de datos espaciales.

<sup>2</sup> MapInfo Interchange Format, es un formato de archivo que incluye un mapa y una base de datos, desarrollado y empleado por el software MapInfo con formato de intercambio.

<sup>3</sup> Bentley Publisher es una aplicación basada en servidor, que permite a los usuarios publicar y compartir información de ingeniería sobre internet, desarrollada por Bentley System.

<sup>4</sup> MapGuide es una plataforma basada en Web que permite a los usuarios desarrollar y desplegar rápidamente aplicaciones de mapeo Web geoespaciales y servicios web.

<sup>5</sup> PNG (Portable Network Graphics) es un format grafico basado en un algoritmo de compresión sin pérdida para bitmaps no sujeto a patentes.

<sup>6</sup> Applet, es un componente de una aplicación que se ejecuta en el contexto de otro programa, por ejemplo un navegador web.

Autodesk MapGuide dispone además de un "plugin"<sup>1</sup> para el cliente que configura de manera automática la interface del cliente o navegador con una serie de herramientas por defecto: zooms, selección de elementos cartográficos uno a uno o a partir de una geometría dibujada por el usuario, copiar el mapa al portapapeles, etc.

Tanto GeoMedia<sup>2</sup> Web como ArcIMS pueden servir a los clientes formatos de imágenes estándar, pero también pueden servir otros formatos que requieren la instalación de un componente en el cliente o visualizador. De esta manera estos servidores de mapas pueden realizar funciones más avanzadas. En el caso de Geomedia Web y de Bentley Publisher se trata del formato vectorial Active CGM<sup>3</sup>, propiedad de la empresa Micrografx, ampliamente difundido en aplicaciones de gestión documental y gráficos inteligentes. Para su visualización hay dos alternativas: un "plugin" o un java viewer. Por otra parte ArcIMS puede utilizar un formato vectorial encriptado propietario que requiere un "Applet" de java en el cliente. MapXtreme, a diferencia de los demás servidores de mapas es el único que pueden servir información y realizar funciones básicas y avanzadas con un cliente universal que no precisa instalación de componentes.

#### **4.6.3 Optimización del servidor de Mapas**

Un servidor, y especialmente un servidor de mapas, es un sistema complejo que requiere un equipo experimentado multidisciplinar para una correcta implementación.

---

<sup>1</sup> Un plugin es una aplicación que se relaciona con otra para aportarle una función nueva y generalmente muy específica.

<sup>2</sup> Geomedia es una suite de programas desarrollados por Intergraph Corporation's para sistemas de información geográfica.

<sup>3</sup> CGM (Computer Graphics Metafile), es un formato estándar abierto para vectores gráficos 2D, graficas raster y textos definidos por ISO/IEC 8632.

El desarrollo en este tipo de sistemas suele provocar la aparición de una serie de problemas referidos al rendimiento. Estos problemas, algunos previsibles y otros no tanto, pueden llegar a ser tan importantes que hacen plantearse la re-programación de algún módulo o la modificación de las funcionalidades previstas inicialmente.

#### **4.6.4 Geoserver**

Es un software servidor open source, escrito en Java que permite compartir y editar información geoespacial. Diseñado para la interoperabilidad, este publica datos desde cualquier fuente de datos que utilice estándares abiertos.

Siendo un proyecto impulsado por la comunidad, Geoserver está desarrollado, probado y respaldado por un grupo diverso de individuos y organizaciones de todo el mundo.

Geoserver es la implementación de referencia del Open Geospatial Consortium (OGC) Web Feature Service (WFS) y Web Coverage Service (WCS) las normas, así como un certificado de alto rendimiento compatible con Web Map Service (WMS). Geoserver forma un componente básico de la Web Geoespacial.

##### **4.6.4.1 Características**

- Soporte completo de los estándares OGC, WMS, WFS, WCS.
- Herramientas de configuración integradas, no necesita de archivos de configuración.
- Soporte para PostGIS, Shapefile, ArcSDE, DB2 y Oracle.
- Soporte de formatos VPF, MySQL, MapInfo, y WFS

- Soporte de Java de forma nativa para GeoTiff, GTOPO30, ArcGRID, WorldImages, ImageMosaics e imágenes piramidales.
- Re proyección al vuelo para WMS y WFS.
- Soporte de Google Earth.
- Integración con GeoWebCache, para acelerar la publicación de mapas.
- Integración con OpenLayers como visualizador por defecto para pre visualizar los datos.
- Soporte completo de SDL, el estándar abierto para los estilos de mapa.
- Basado en (J2EE), puede correr en cualquier contendor servlet.

#### **4.6.5 MapServer**

MapServer es un entorno de desarrollo de código abierto para construir habilitada espacialmente las aplicaciones web de mapas y servicios. Es rápido, flexible, fiable y puede ser integrado en prácticamente cualquier entrono SIG. Originalmente desarrollado en la Universidad de Minnesota, MapServer ahora es mantenido por desarrolladores de todo el mundo.

MapServer se ejecuta en todos los sistemas operativos más importantes y trabajar con casi cualquier servidor web. MapServer características Mapscript, un entorno de programación de gran alcance que apoya muchos lenguajes populares como PHP, Python, Perl, C# y Java. Usando Mapscript hace que sea rápido y fácil de construir complejas aplicaciones web geoespacial.

MapServer es apoyada por una vibrante comunidad de usuarios para obtener ayuda con sólo un e-mail de distancia. Debido a que MapServer es código abierto, es posible extender el software para satisfacer exactamente sus necesidades.



#### **4.6.5.1 Características**

- Soporta los formatos estándar de la industria de datos y bases de datos espaciales.
- Clasificación de características al vuelo.
- Etiquetado sofisticado en base a reglas
- Proyección al vuelo de datos raster y vectoriales.
- Soporte de estándares OGC, incluyendo WMS, WFS y WCS
- Se integra con entornos populares como Ka-Map, Camaleon, Mapbender, MapBuilder y Cartoweb.

### **4.7 GEOSERVICIOS**

En el contexto geográfico, los servicios web geográficos (geoservicios) son especialización de servicios web, como tal, son aquellos protocolos y estándares que define las reglas de transmisión de información geográfica, de manera que se puedan compartir, difundir y utilizar de manera interoperable en distintas plataformas tecnológicas.

Los geoservicios se han definido según los estándares del OGC (Open Geospatial Consortium) a través de especificaciones.

#### **4.7.1 Especificaciones OGC**

- Web Map Service (WMS)
- Catalog Service Web (CSW)
- Gazetteer (Gaz)
- Web Feature Service (WFS, WFS-T)

- Web Coverage Service (WCS)
- Web Map Context (WMC)
- Filter
- Sensor Web Enablement (SWE)
- Geolinked Data Access Service (GDAS)
- Web Processing Service (WPS)
- Integrated Client (IntClient)
- Web Coordinate Transformation System (WCTS)
- Style Layer Descriptor (SLD)

#### **4.7.2 Clasificación según su naturaleza**

##### **4.7.2.1 Servicios Básicos**

- Web Map Service (WMS), ver, superponer y consultar datos raster y vector.
- Gazetteer (GAZ) (Nomenclator), Localizar elementos geográficos por nombre.
- Catalogo (CSW), Buscar datos y servicios.
- Servicios Avanzados
- Web Feature Service (WFS, WFS-T), Obtener datos vectoriales.
- Web Coverage Service (WCS), Obtener imágenes satelitales y modelos digitales de terreno.
- Web Map Context (WMC), Guarda una situación activa. Ventana, Servicios, capas activas.

##### **4.7.2.2 Servicios muy Avanzados**

- Filter Encoding (FE), Definir filtros espaciales, lógicos para WFS
- Sensor Web Enablement (SWE), Sensores en la Red.
- Geolinked Data Access Service (GDAS), Mapas temáticos a la carta y al vuelo.

- Web Processing Service (WPS), Definir servicios de geoprocesamiento.
- Integrated Client (IntClient), Lenguaje para combinar y guardar combinaciones de servicios.

#### **4.7.2.3 Servicios Complementarios**

- Style Layer Descriptor (SLD), Elegir y editar la simbología de un WMS.
- Web Coordinate Transformation System (WCTS), Transformar coordenadas de un sistema de Referencia a otro.

#### **4.7.3 Web Map Service (WMS)**

El servicio Web Map Service (WMS) definido por el OGC (Open Geospatial Consortium) produce mapas de datos espaciales referidos de forma dinámica a partir de información geográfica. Este estándar internacional define un "mapa" como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital conveniente para la exhibición en una pantalla de ordenador. Un mapa no consiste en los propios datos. Los mapas producidos por WMS se generan normalmente en un formato de imagen como PNG, GIF o JPEG, y ocasionalmente como gráficos vectoriales en formato SVG (Scalable Vector Graphics) o WebCGM (Web Computer Graphics Metafile).

El estándar define tres operaciones:

- Devolver metadatos del nivel de servicio.
- Devolver un mapa cuyos parámetros geográficos y dimensionales han sido bien definidos.
- Devolver información de características particulares mostradas en el mapa (opcionales).

Las operaciones WMS pueden ser invocadas usando un navegador estándar realizando peticiones en la forma de URLs (Uniform Resource Locators). El contenido de tales URLs depende de la operación solicitada. Concretamente, al solicitar un mapa, la URL indica qué información debe ser mostrada en el mapa, qué porción de la tierra debe dibujar, el sistema de coordenadas de referencia, y la anchura y la altura de la imagen de salida. Cuando dos o más mapas se producen con los mismos parámetros geográficos y tamaño de salida, los resultados se pueden solapar para producir un mapa compuesto. El uso de formatos de imagen que soportan fondos transparentes (ej, GIF o PNG) permite que los mapas subyacentes sean visibles. Además, se puede solicitar mapas individuales de diversos servidores.

El servicio WMS permite así la creación de una red de servidores distribuidos de mapas, a partir de los cuales los clientes pueden construir mapas a medida. Las operaciones WMS también pueden ser invocadas usando clientes avanzados SIG, realizando igualmente peticiones en la forma de URLs. Existe software libre, como las aplicaciones GRASS, uDIG, gvSIG, Kosmo y otros, que permite este acceso avanzado a la información remota, añadiendo la ventaja de poder cruzarla con información local y disponer de una gran variedad de herramientas SIG.

#### **4.7.4 Web Feature Service (WFS)**

Es un servicio estándar, que ofrece un interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS, como por ejemplo, editar la imagen que ofrece el servicio WMS o analiza la imagen siguiendo criterios geográficos. Para realizar estas operaciones se utiliza el lenguaje GML que deriva del XML, que es el estándar a través del que se transmiten las ordenes WFS.

WMS no es transaccional, permite hacer consultas y recuperar elementos geográficos. En cambio WFS-T (Web Feature Service Transactional) permite además la creación, eliminación y actualización de estos elementos geográficos del mapa.

El estándar define las siguientes operaciones:

- Obtener o consultar características basadas en restricciones espaciales o no espaciales.
- Crear nuevos elementos geográficos.
- Borrar un elemento geográfico.
- Actualizar un elemento geográfico.

#### **4.7.5 Web Coverage Service (WCS)**

Es un servicio estándar, que ofrece una interfaz de solicitudes teniendo en cuenta coberturas geográficas a través de la web a través de llamadas independientes de la plataforma. Las coberturas son objetos (o imágenes) en una zona geográfica, mientras que la interfaz WMS o portales de internet cartográficos como Google Maps retornan solo una imagen, la cual los usuarios finales no se pueden editar o analizar espacialmente.

##### **Características:**

- WCS permite hacer consultas y la recuperación de coberturas.
- Un WCS describe el descubrimiento, consulta o las operaciones de transformación de datos.

- En la taxonomía de Servicios Web, WCS es el mejor clasificado como un tipo de servicio no REST RPC

#### **4.7.6 Propósitos de los estándares**

Los propósitos de los estándares en la geoinformación son:

- Proporcionar una buena especificación semántica. Los usuarios reducirán costos al tener bien definidos los datos que quieren intercambiar.
- Proporcionar especificaciones sobre formatos. Se reducirán costos y no se perderá la calidad al no tener que convertir formatos para que sean interoperables.
- Reducir costos en la implementación y mantenimiento del software.
- Reducir costos al evitar duplicaciones. Cada producto de datos se encarga de mantener sus datos actualizados.
- Disponer de plataformas y formatos no propietarios. Se evitan industrias ventajistas y monopolísticas.
- Mejora la colaboración. Entre instituciones y clientes entre sí.

### **4.8 CLIENTES SIG**

Es una aplicación SIG inmersa dentro de una arquitectura cliente servidor.

#### **4.8.1 gvSIG**

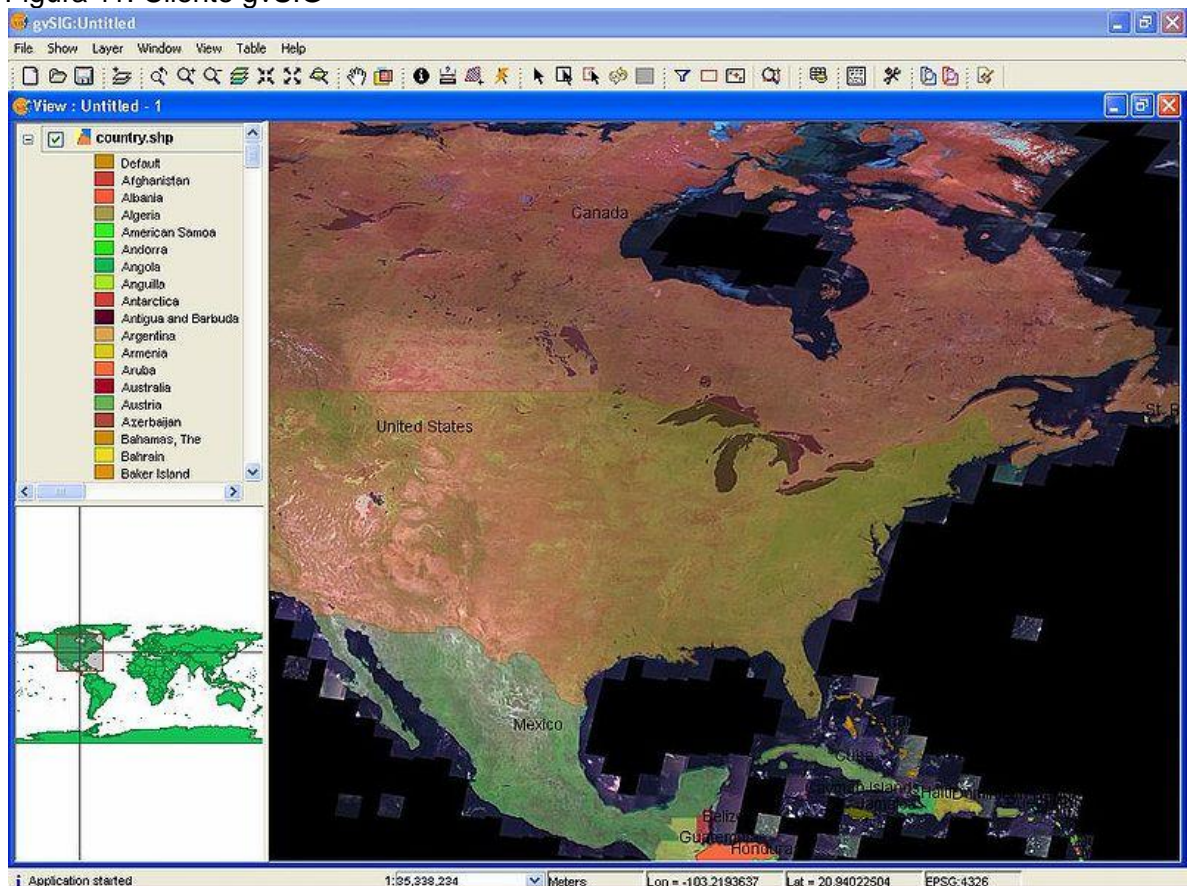
Es una aplicación para el manejo de información geográfica que se distribuye bajo licencia GNU GPL. Permite acceder a información vectorial y raster así como a servidores de mapas que cumplan la especificación del OGC. Esta desarrollado en

lenguaje de programación Java, lo cual le permite funcionar en diversos sistemas operativos.

Los formatos gráficos más habituales que soporta están: GML, SHP, DXF, DWG, DGN, KML y formatos de imagen raster como MrSID, GeoTIFF, ENVI, ECW.

Es parte de un proyecto cofinanciado por la Consejería de Infraestructura y Transporte de la Generalidad Valenciana y la Unión Europea mediante el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y co-desarrollado por la empresa IVER y Prodevelop.

Figura 11: Cliente gvSIG



Fuente: Pagina de gvSIG en Wikipedia [en línea], [consultado el 15 de marzo de 2008]  
Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:GvSIG -  
Geographic Information System.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:GvSIG_-_Geographic_Information_System.jpg)

#### 4.8.2 uDig

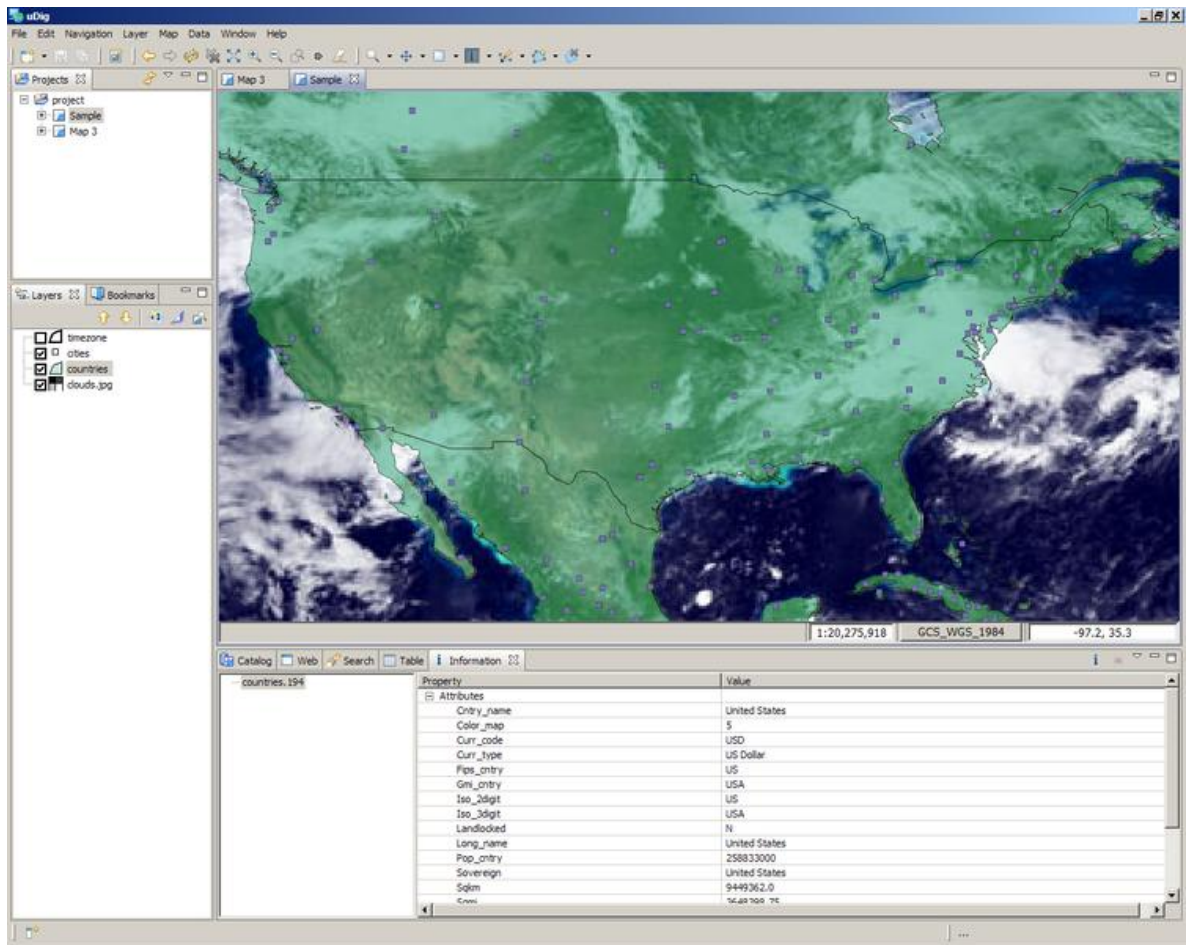
uDig es un programa SIG producido por una comunidad dirigida por la empresa de consultoría con sede en Canadá Refrations Research. Esta es basada en la plataforma de Eclipse y completa en características SIG de código abierto. Está escrito en Java y liberado bajo licencia LGPL.

El objetivo de uDig es proporcionar una solución completa SIG de escritorio escrito en Java para acceder a los datos, edición y visualización. uDig pretende ser:

- User friendly (amable con el usuario), proporcionando un entorno grafico familiar para los usuarios de SIG;
- Desktop located , se ejecuta como un cliente pesado, de forma nativa en Windows, MacOS y Linux.
- Internet oriented, consumidor de estándares (WMS, WFS, WCS) y por defecto (GeoRSS, KML, tiles) servicios web geoespaciales;
- GIS ready, proporcionando el marco en el que las capacidades analíticas complejas se pueden construir, y poco a poco subsumir las capacidades en la aplicación principal.



Figura 12: Cliente uDig



Fuente: Página uDig Wikipedia [en Linea], [consultado el 28 de marzo de 2008] Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:UDig.png>

#### 4.8.3 Quantum GIS

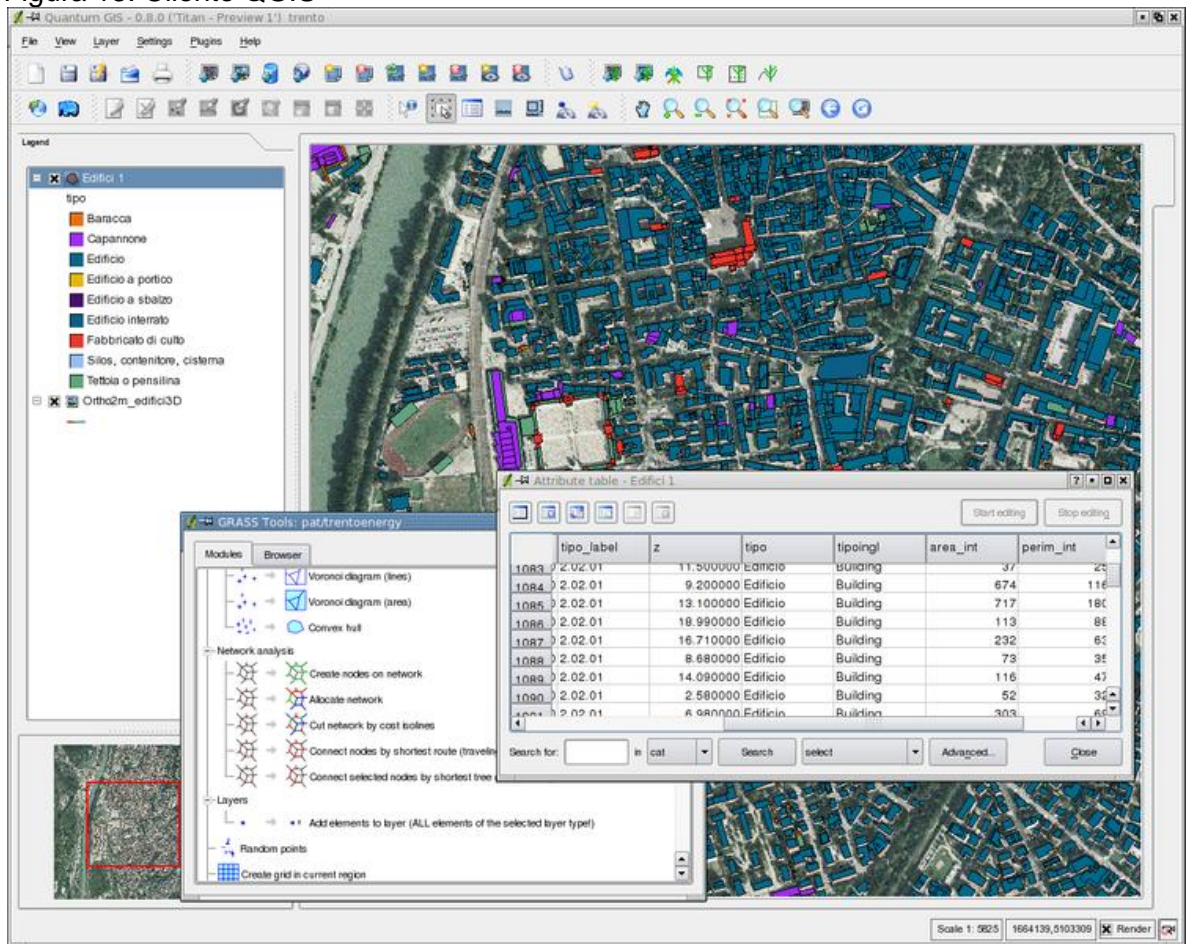
Quantum GIS (QGIS) es un sistema de información geográfica de código abierto. El proyecto nació en Mayo de 2002 y se estableció como un proyecto dentro de SourceForge en junio del mismo año. Actualmente QGIS funciona en la mayoría de plataformas Unix, Windows y OS X. QGIS está desarrollado utilizando el QT

toolkit y C++. Esto hace que QGIS sea rápido y tenga una interfaz de usuario agradable y fácil de usar.

QGIS pretende ser un SIG fácil de usar, proporcionando características y funciones comunes. El objetivo inicial fue proporcionar un visor de datos SIG. QGIS ha alcanzado un punto en su evolución en el que está siendo utilizado por muchos para sus necesidades diarias de visualización de datos SIG. QGIS admite un buen número de formatos raster y vectoriales, con posibilidad de añadir nuevos formatos fácilmente utilizando su arquitectura de complementos.

QGIS se publica bajo Licencia Pública General (GNU) GPL.

Figura 13: Cliente QGIS



Fuente: Página de QGIS en Wikipedia [en Línea], [consultado el 15 de marzo de 2008]

Disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Qgis08\\_grass6\\_toolbox.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Qgis08_grass6_toolbox.png)

#### 4.8.4 JUMP Plataforma De Cartografía Unificada

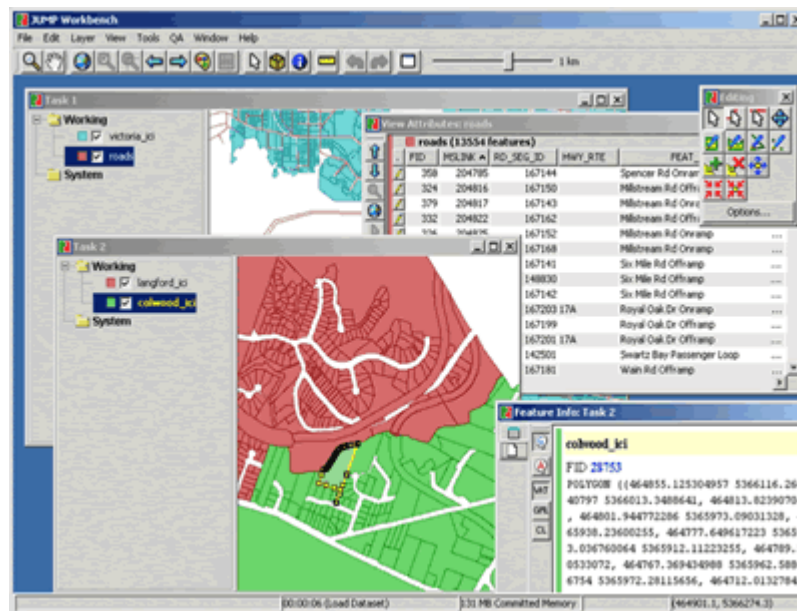
JUMP es una aplicación basada en GUI para visualización y procesamiento de datos espaciales. Incluye muchas funciones comunes a otros productos populares de SIG para el análisis y manipulación de datos geoespaciales. JUMP también proporciona un marco altamente extensible para el desarrollo y ejecución de las costumbres de datos espaciales tramitación de las solicitudes.

JUMP ofrece las siguientes características:

- Una mesa de trabajo interactiva para la visualización, edición y procesamiento de datos espaciales.
- Proporciona una API de acceso completo a todas las funciones de programación, incluyendo E/S, conjuntos de datos basados en características, visualización, y todas las operaciones espaciales.
- Un alto grado de modularidad y extensibilidad.
- Soporte para estándares industriales más importantes, como GML y Ordenación del Consorcio OpenGIS de modelo de objetos.
- Código de fuente abierta escrito exclusivamente en Java.

JUMP ha demostrado ser un producto muy exitoso, lo que ha sido recibido con entusiasmo por la comunidad geoespacial. En la actualidad está siendo utilizado en todo el mundo en gran variedad de aplicaciones. Muchas aplicaciones se han construido alrededor de JUMP.

Figura 14: Cliente JUMP



Fuente: Página de Jump en Wikipedia [en Línea], [consultado el 15 de Mayo de 2010]  
 Disponible en: <http://screwdriver.felk.cvut.cz/spr/2005/gis/jumpscr.jpg>

#### **4.8.5 GRASS GIS**

GRASS (acrónimo inglés de Geographic Resources Analysis Support System) es un software SIG bajo licencia GPL. Puede soportar información tanto raster como vectorial y posee herramientas de procesamiento digital de imágenes.

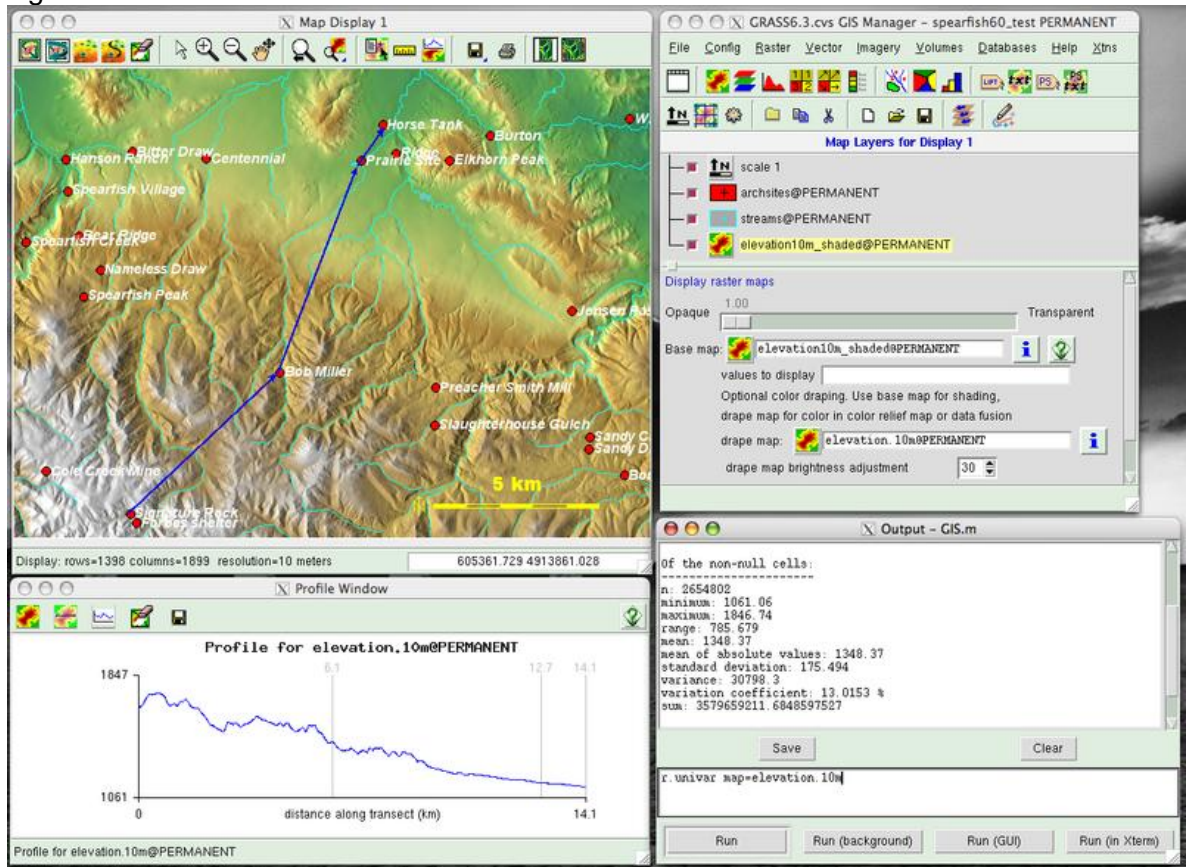
En sus inicios, en 1982 el software fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Laboratorio de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos (USA-CERL) como herramienta para la supervisión y gestión medioambiental de los territorios bajo administración del Departamento de Defensa al no encontrar ningún SIG en el mercado que satisface sus necesidades. En 1991 se pone a disposición pública a través de internet. Su popularidad se incrementa en universidades, empresas y agencias gubernamentales. En 1997, ante el anuncio de USA-CERL GRASS de que dejaría de dar soporte al programa, la Universidad de Baylor se hace cargo de su desarrollo. A partir de esta fecha ha aumentado su aceptación dentro del mundo académico. El 26 de octubre de 1999 con la versión 5.0 se libera el código del programa bajo licencia GNU GPL. GRASS era uno de los primeros ocho proyectos de la fundación OSGeo.

GRASS está disponible principalmente para plataformas UNIX (Linux), aunque existe un proyecto paralelo denominado winGRASS GIS que ha portado el programa a versiones basadas en tecnología NT del Sistema Operativo Microsoft Windows usando librerías Cygwin. Todo ello con un código idéntico al de la versión Unix/Linux.

La versión 6.x ha mejorado sensiblemente la experiencia del usuario respecto a la versión 5.x con las cuales es posible dar los primeros pasos con GRASS.



Figura 15: Cliente GRASS



Fuente: Página de GRASS GIS de Wikipedia [en línea], [consultado el 10 de Abril de 2008] Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Wxqui-atm.png>

## 4.9 APLICACIONES WEB

En ingeniería de software se denomina aplicación web a aquellas aplicaciones que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de internet o de una Intranet mediante un navegador. En otras palabras, es una aplicación software que se codifica en un lenguaje soportado por los navegadores web (HTML, Java Script, Java, asp.net, etc.) en la que se confía la ejecución al navegador.

#### **4.9.1 Historia De Las Aplicaciones Web**

Inicialmente la web era simplemente una colección de páginas estáticas, documentos, etc., que podían consultarse o descargarse.

El siguiente paso en su evolución fue la inclusión de un método para confeccionar paginas dinámicas que permitiesen que lo mostrado fuese dinámico (generado o calculado a partir de los datos de la petición). Dicho método fue conocido como CGI (Common Gateway interface) y definía un mecanismo mediante el cual se podía pasar información entre el servidor HTTP y programas externos. Los CGI siguen siendo muy utilizados, puesto que la mayoría de los servidores web los soportan debido a su sencillez. Además, proporcionan total libertad a la hora de escoger el lenguaje de programación para desarrolladores.

El esquema de funcionamiento de los CGI tenía un punto débil: cada vez que se recibe una petición, el servidor web lanzaba un proceso que ejecutaba el programa CGI. Como, por otro lado, la mayoría de CGI estaban escritos en algún lenguaje interpretado (Perls, Python, etc.) o en algún lenguaje que requería un runtime environment (VisualBasic, Java, etc.), esto implicaba una gran carga para la maquina del servidor. Además, si la web tenía muchos accesos al CGI, esto suponía problemas graves.

Por ello se empiezan a desarrollar alternativas a los CGI para solucionar este grave problema de rendimiento. Las soluciones vienen principalmente por dos vías. Por un lado se diseñan sistemas de ejecución de módulos más integrados con el servidor, que evitan que este tenga que instanciar y ejecutar multitud de programas. La otra vía consiste en dotar al servidor de un intérprete de algún lenguaje de programación (RXML, PHP, VBScript, etc.) que permita incluir las páginas en el código de manera que el servidor sea quien lo ejecute, reduciendo así el tiempo de respuesta.

A partir de este momento, se vive una explosión del número de arquitecturas y lenguajes de programación que permiten desarrollar aplicaciones web. Todas ellas siguen alguna de las dos vías ya mencionadas. De ellas, las más útiles y las que más se utilizan son aquellas que permiten mezclar los dos sistemas, es decir, un lenguaje de programación integrado que permita al servidor interpretar comandos que “incrustados” en las paginas HTML y un sistema de ejecución de programas más enlazado con el servidor que no presente los problemas de rendimiento de los CGI.

Una de las tecnologías quizás sea la más exitosa y potente de estas aproximaciones, la seguida por Sun Microsystems con su sistema Java, que está integrada por dos componentes; a saber, un lenguaje que permite incrustar código interpretable en las paginas HTML y que el servidor traduce a programas ejecutables, JSP (Java Server Pages) y un mecanismo de programación estrechamente ligado al servidor, con un rendimiento muy superior a los CGI convencionales, llamado Java Servlet.

Otra de las tecnologías que más éxito ha obtenido y una de las que más se utiliza en internet es el lenguaje de programación interpretado por el servidor PHP. Se trata de un lenguaje que permite incrustar HTML en los programas, con una sintaxis que proviene de C y Perl. Además, habida cuenta de su facilidad de aprendizaje, su sencillez y potencia, se está convirtiendo en una herramienta muy utilizada para algunos desarrolladores.

Otros métodos de programación de aplicaciones web también tienen su mercado. Así sucede con mod\_perl para Apache, RXML para Roxen, etc., pero muchos de ellos están vinculados a un servidor web concreto.



#### 4.9.2 Patrones

Los patrones de diseño son la base para la búsqueda de soluciones a problemas comunes en el desarrollo de software y otros ámbitos referentes al diseño de interacción o interfaces.

Un patrón de diseño es una solución a un problema de diseño. Para que una solución sea considerada un patrón debe poseer ciertas características. Una de ellas es que debe haber comprobado su efectividad resolviendo problemas similares en ocasiones anteriores. Otra es que debe ser reusable, lo que significa que es aplicable a diferentes problemas de diseño en distintas circunstancias.

Una posible definición de patrón de diseño sería la siguiente:

“Un patrón de diseño es un conjunto de reglas que describen como afrontar tareas y solucionar problemas que surgen durante el desarrollo de software”

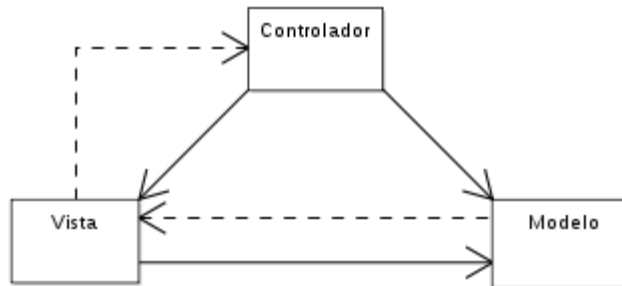
Existen varias definiciones alternativas aun cuando se considera que esta puede describir bastante bien este tipo de modelos, Se consideran tres conjuntos de patrones según su finalidad:

- **Patrones de creación:** Estos patrones crearan objetos para nosotros de manera que ya no los tendremos que instanciar directamente, proporcionando a los programas una mayor flexibilidad para decidir que objetos utilizar.
- **Patrones estructurales:** Permiten crear grupos de objetos para ayudar a realizar tareas complejas.
- **Patrones de comportamiento:** Permiten definir la comunicación entre los objetos del sistema y el flujo de información entre los mismos.

#### 4.9.2.1 Modelo Vista Controlador

Es un patrón de arquitectura de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos. El patrón MVC se ve frecuentemente en aplicaciones web, donde la vista es la página HTML y el código que provee de datos dinámicos a la página. El modelo es el Sistema de Gestión de Base de Datos y la Lógica de negocio, y el controlador es el responsable de recibir los eventos de entrada desde la vista.

Figura 16: Diagrama Modelo Vista Controlador



Fuente: Página Modelo Vista Controlador en Wikipedia [en Línea], [consultado el 10 de septiembre de 2009] Disponible en:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:ModelViewControllerDiagram\\_es.svg](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:ModelViewControllerDiagram_es.svg)

## **5. DESARROLLO DEL SISTEMA**

Para construir una solución al problema planteado en este proyecto, se desarrollo un sistema el cual está dividido en dos, un modulo administrador y un modulo cliente, el sistema pretende ofrecer la posibilidad de realizar una actualización rápida y directa sobre la información publicada aprovechando las ventajas ofrecidas por los estándares de los geoservicios definidos por OGC. Este sistema está basado en tecnología Java a nivel de aplicación de escritorio y de aplicación web, adicional a esto se está utilizando tecnología AJAX a nivel web, para ofrecer un mejor rendimiento para el usuario final.

A continuación se hace la descripción técnica del sistema.

### **5.1 REQUERIMIENTOS**

En la definición de los requerimientos tomó parte el director del proyecto el Ingeniero Luis Humberto Abril, personal administrativo de la Universidad Central y los estudiantes David Acosta y Oscar Prada.

La arquitectura del sistema trata de resolver los siguientes requerimientos de alto nivel.

El sistema debe permitir:

- El usuario final puede consultar la localización e información general de los edificios, dependencias y zonas que pertenecen a la universidad, a través de una aplicación web dinámica.

- El usuario administrador previa autorización, puede actualizar, modificar o eliminar la información geográfica y sus atributos, la cual es base para la consulta vía web.

### 5.1.1 Requerimientos Funcionales

# Ref	Descripción	Tipo
R1	El administrador debe autenticarse ante el sistema	Obligatorio
R2	El administrador puede visualizar, editar, borrar la información de edificios, pisos, espacios y funcionarios de forma relacionada	Obligatorio
R3	El administrador puede crear, modificar, borrar y visualizar los polígonos, puntos o líneas necesarios para el mapa web, adicionalmente debe poder editar los atributos necesarios.	Obligatorio
R4	El sistema debe registrar en la base de datos los cambios realizados por el administrador	Obligatorio
R5	El usuario final puede consultar la información de localización de los edificios, dependencias y zonas que pertenecen a la universidad a través de un mapa web	Obligatorio
R6	El usuario final puede consultar la información asociada a los edificios, dependencias y funcionarios.	obligatorio
R7	El usuario final puede realizar búsquedas generales de la información de edificios, espacios y dependencias, el resultado debe poder ser localizado sobre el mapa web.	Obligatorio
R8	El usuario final puede realizar consultas de la información de horario de acuerdo al nombre de los docentes, el resultado de ubicación, debe ser localizado sobre el mapa web.	Opcional

### 5.1.2 Requerimientos no funcionales

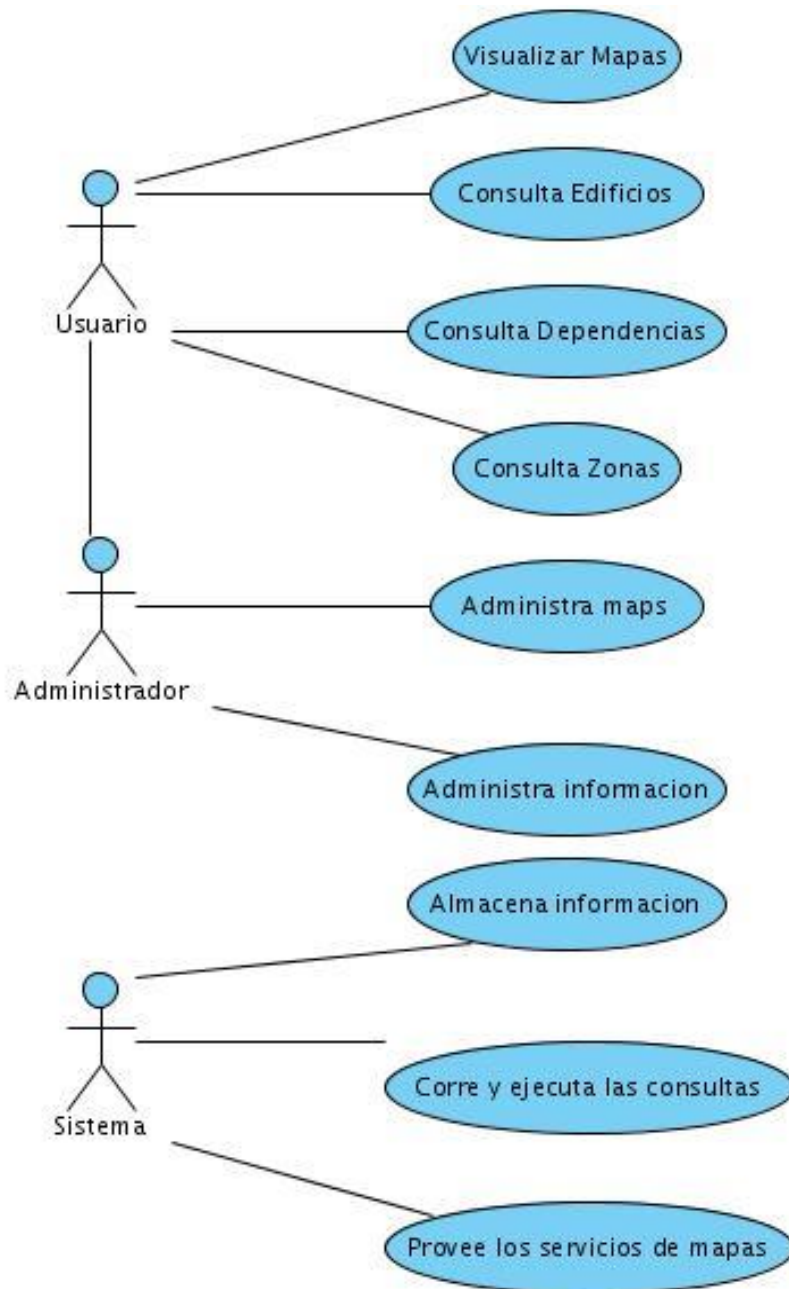
# Ref	Descripción	Tipo
R9	Se debe cumplir las normas internas de la universidad Central	Obligatorio
R10	La aplicación Web debe utilizar la imagen institucional de la Universidad Central	Obligatorio.

## 5.2 CASOS DE USO

Dados los requerimientos de alto nivel, se identifican los actores y casos de uso, el modelo de casos de uso tiene tres actores:

- Usuario, solo tiene disponible visualizar mapas y realizar consultas.
- Administrador, tiene los permisos del usuario y puede modificar, editar o eliminar la información.
- Sistema, provee los servicios de mapas, ejecuta consultas espaciales y provee los servicios de publicación.

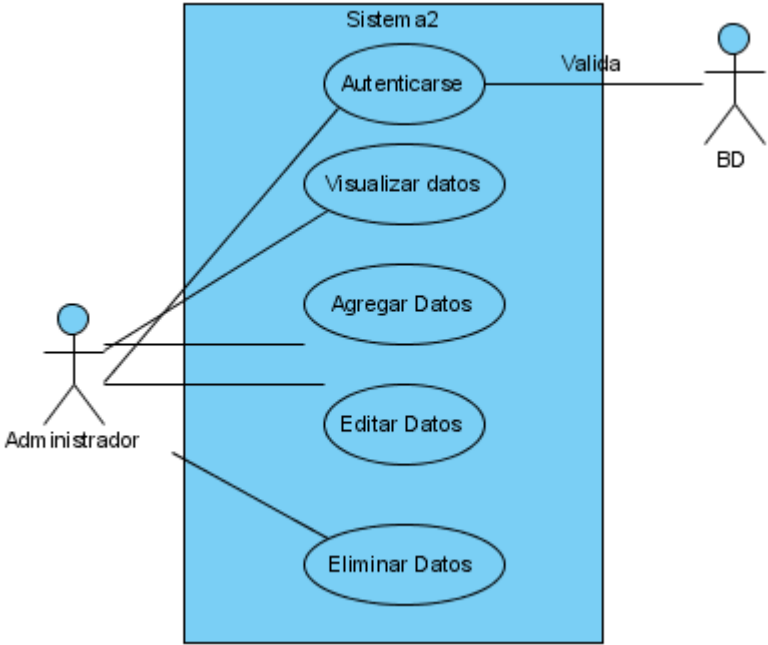
Figura 17: Casos de uso de alto nivel



Fuente: David Acosta y Oscar Prada









5.2.1 Cliente Administrador

Figura 18: Casos de Uso Cliente Administrador



Fuente: David Acosta y Oscar Prada

Tabla 1: Resumen Cliente Administrador

Nombre	Documentación
 Administrador	
 Visualizar datos	
 Editar Datos	
 Eliminar Datos	
 Agregar Datos	
 Autenticarse	
 BD	
 Sistema2	

### 5.2.1.1 Detalles



Administrador



Visualizar datos

**Tabla 2: Caso de uso Visualizar Datos**

Full			
Use Case ID	100201		
Super Use Case			
Primary Actor	Administrador		
Secondary Actor(s)			
Brief Description	visualización de información de edificios		
Preconditions	el administrador se identifica y autentica		
Flow of Events		Actor Input	System Response
	1	el administrador requiere visualizar la información de edificios y dependencias.	
	2		el sistema realiza la consulta y construye la interfaz de visualización
	3	el administrador visualiza la información almacenada en la base de datos de forma ordenada	
Post-conditions	el administrador ingresa a la aplicación y visualiza de forma correcta la información almacenada en la base de datos de edificios y dependencias		
Alternative flows and exceptions	3. no se visualiza ninguna información 3a. el servidor de base de datos puede no estar disponible		



<b>Non-behavior requirements</b>	
<b>Assumptions</b>	
<b>Issue</b>	
<b>Source</b>	
<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	8/08/2009 10:42:41 AM



**Editar Datos**

**Tabla 3: Caso de uso Editar Datos**

Full			
<b>Use Case ID</b>	100203		
<b>Super Use Case</b>			
<b>Primary Actor</b>	Administrador		
<b>Secondary Actor(s)</b>			
<b>Brief Description</b>	Edición de información		
<b>Preconditions</b>	El administrador debe haber sido autenticado y validado		
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	el administrador desea editar información de edificios o dependencias	
	2		el sistema realiza la consulta de edificios y dependencias y construye la interfaz de usuario
	3	el administrador selecciona el edificio	
	4		el sistema realiza la consulta de pisos dependientes de este
	5	el administrador selecciona el piso de interés	

	6		el sistema realiza la consulta de espacios dependientes de este.
	7	el administrador selecciona el piso de interés	
	8		el sistema realiza la consulta de dependencias asociadas a este
	9	el administrador selecciona la dependencia a editar	
	10		el sistema muestra la interfaz de edición
	11	el administrador ingresa los cambios de nombre o cargo	
	12		el sistema valida la información y actualiza los cambios
<b>Post-conditions</b>		el administrador selecciona la información de interés para realizar la edición, y el sistema realiza los cambios de forma adecuada	
<b>Alternative flows and exceptions</b>			
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			
<b>Issue</b>			
<b>Source</b>			
<b>Author</b>		David Acosta	
<b>Date</b>		8/08/2009 10:47:07 AM	



**Eliminar Datos**

**Tabla 4: Caso de uso Eliminar datos**

Full	
<b>Use Case ID</b>	100204
<b>Super Use Case</b>	

<b>Primary Actor</b>	Administrador		
<b>Secondary Actor(s)</b>			
<b>Brief Description</b>			
<b>Preconditions</b>			
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	El usuario selecciona el registro a eliminar	
	2	El usuario selecciona la opción de eliminar registro	
	3		El sistema crea y visualiza el dialogo con la advertencia de eliminación de información
	4	El usuario acepta	
	5		El sistema procede con la eliminación de la información
	6		El sistema actualiza la interfaz de usuario
<b>Post-conditions</b>			
<b>Alternative flows and exceptions</b>	4. si el usuario no acepta, finaliza el proceso sin eliminar la información seleccionada. 5. si el sistema no puede eliminar la información, se visualiza un mensaje al usuario.		
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			
<b>Issue</b>			
<b>Source</b>			
<b>Author</b>	David Acosta		
<b>Date</b>	25/10/2009 06:23:05 PM		



## Agregar Datos

Tabla 5: Caso de uso Agregar datos

Full			
Use Case ID	100202		
Super Use Case			
Primary Actor	Administrador		
Secondary Actor(s)			
Brief Description			
Preconditions			
Flow of Events		Actor Input	System Response
	1	El usuario selecciona la herramienta para adicionar datos	
	2		El sistema crea y visualiza el dialogo para el ingreso de la nueva información
	3	El usuario ingresa los datos en los campos específicos	
	4		El sistema valida el tipo de dato ingresado
	5	El usuario selecciona la opción para almacenar los nuevos datos	
	6		El sistema valida y realiza la transacción sobre la base de datos
Post-conditions			
Alternative flows and exceptions	6. Si existe algún error al realizar el commit, se despliega un mensaje de error		
Non-behavior requirements			
Assumptions			

<b>Issue</b>	
<b>Source</b>	
<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	25/10/2009 06:19:09 PM



**Autenticarse**

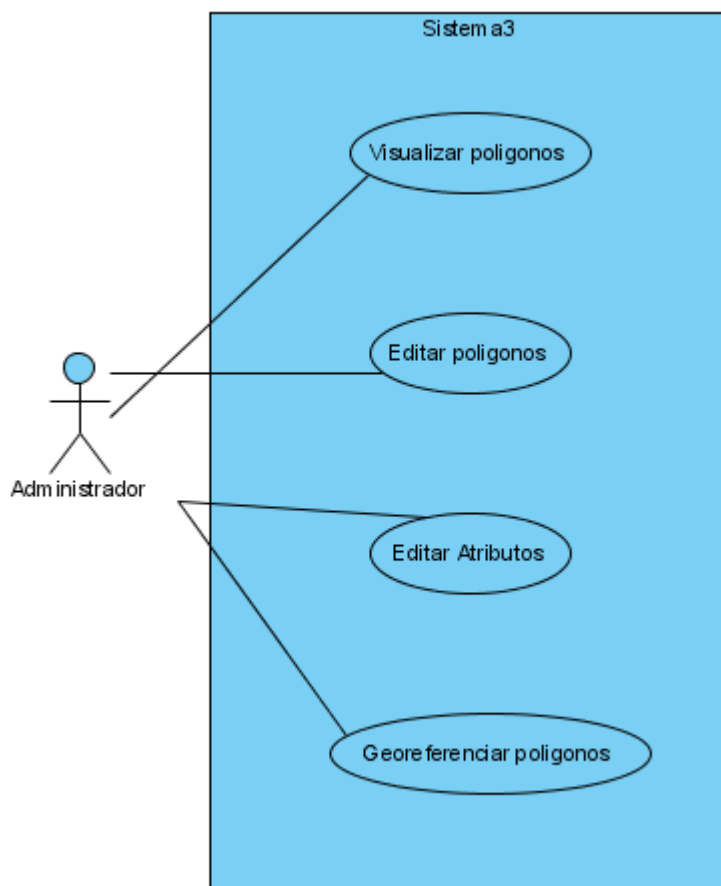
**Tabla 6: Caso de Uso Autenticarse**

Full			
<b>Use Case ID</b>	100200		
<b>Super Use Case</b>			
<b>Primary Actor</b>	Administrador		
<b>Secondary Actor(s)</b>	Base de datos		
<b>Brief Description</b>			
<b>Preconditions</b>	El usuario y la contraseña deben haber sido configurados previamente en la base de datos.		
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	El usuario ingresa los parámetros de acceso al sistema	
	2		El sistema valida el usuario y contraseña
	3		El sistema crea la interfaz de administración y la despliega al usuario
<b>Post-conditions</b>			
<b>Alternative flows and exceptions</b>	3. si el usuario o la contraseña no son correctos el sistema crea un dialogo para informar al usuario. y no permite el acceso a la interfaz de administración		
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			

<b>Issue</b>	
<b>Source</b>	
<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	25/10/2009 04:30:21 PM






### 5.2.2 Cliente SIG

Figura 19: Casos de uso Cliente SIG



Fuente: David Acosta y Oscar Prada

Tabla 7: Resumen cliente sig

Nombre	Documentación
 Administrador	
 Visualizar poligonos	
 Editar poligonos	
 Editar Atributos	
 Georeferenciar poligonos	

 Sistema3	
--	--

### 5.2.2.1 Detalles



Administrador



Visualizar polígonos

**Tabla 8: Caso de uso Visualizar Polígonos**

Full			
Use Case ID	100300		
Super Use Case			
Primary Actor	Administrador		
Secondary Actor(s)			
Brief Description			
Preconditions	conexión con la base de datos espacial		
Flow of Events		Actor Input	System Response
	1	El usuario selecciona la opción de cargar capas espaciales en la aplicación	
	2		El sistema visualiza las capas disponibles
	3	El usuario selecciona las capas deseadas y selecciona la opción de carga	
	4		El sistema realiza la transacción sobre la base de datos espacial y visualiza le información sobre la interfaz de usuario
	5	El cliente visualiza la información sobre el área de mapas.	
Post-conditions			
Alternative flows	3. el usuario selecciona alguna capa que no tiene información espacial, el		



<b>and exceptions</b>	sistema no permite la opción de cargar la información en la interfaz de usuario.
<b>Non-behavior requirements</b>	
<b>Assumptions</b>	
<b>Issue</b>	
<b>Source</b>	
<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	25/10/2009 06:37:00 PM



## Editar polígonos

**Tabla 9: Caso de uso Editar polígonos**

Full			
<b>Use Case ID</b>	100301		
<b>Super Use Case</b>			
<b>Primary Actor</b>	Administrador		
<b>Secondary Actor(s)</b>			
<b>Brief Description</b>			
<b>Preconditions</b>	conexión con la base de datos espacial, y visualizar la información a editar		
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	El usuario selecciona la capa a editar y selecciona la opción de edición	
	2		El sistema activa la opción de edición y carga las herramientas de edición
	3	el usuario selecciona el tipo de edición a realizar sobre los objetos gráficos	
	4		El sistema permite visualizar los cambios que se realizan sobre los elementos gráficos
	5	El usuario selecciona la	

		opción de terminar edición	
	6		el sistema crea y visualiza el dialogo con la opción de guardar los cambios
	7	El usuario selecciona la opción de guardar cambios	
	8		El sistema realiza la transacción con la base de datos y muestra los cambios sobre la interfaz grafica.
<b>Post-conditions</b>			
<b>Alternative flows and exceptions</b>			
7. El usuario selecciona no guardar cambios, el sistema actualiza la interfaz y omite la transacción sobre la base de datos. 8. Si el sistema no puede realizar la transacción con la base de datos, indicara mediante un mensaje de error			
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			
<b>Issue</b>			
<b>Source</b>			
<b>Author</b>			
David Acosta			
<b>Date</b>			
25/10/2009 06:40:07 PM			



**Editar Atributos**

**Tabla 10: Caso de uso Editar atributos**

Full		
<b>Use Case ID</b>	100302	
<b>Super Use Case</b>		
<b>Primary Actor</b>	Administrador	
<b>Secondary Actor(s)</b>		
<b>Brief Description</b>		
<b>Preconditions</b>	Conexión con Base de datos, visualizar las capas de información y estar en modo edición	
<b>Flow of Events</b>		
	<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>

	1	El usuario selecciona la opción de visualizar atributos	
	2		El sistema crea y consulta los atributos asociados al elemento grafico
	3	El usuario selecciona el registro correspondiente al elemento grafico a editar sus atributos	
	4		El sistema resalta el elemento en la tabla y como elemento grafico
	5	El usuario ingresa los atributos sobre el registro resaltado	
	6		el sistema muestra los cambios sobre la tabla de atributos
	7	El usuario termina y selecciona la opción de terminar edición	
<b>Post-conditions</b>			
<b>Alternative flows and exceptions</b>		los mismos que para la edición de mapa	
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			
<b>Issue</b>			
<b>Source</b>			
<b>Author</b>		David Acosta	
<b>Date</b>		25/10/2009 06:45:14 PM	



## Georeferenciar polígonos

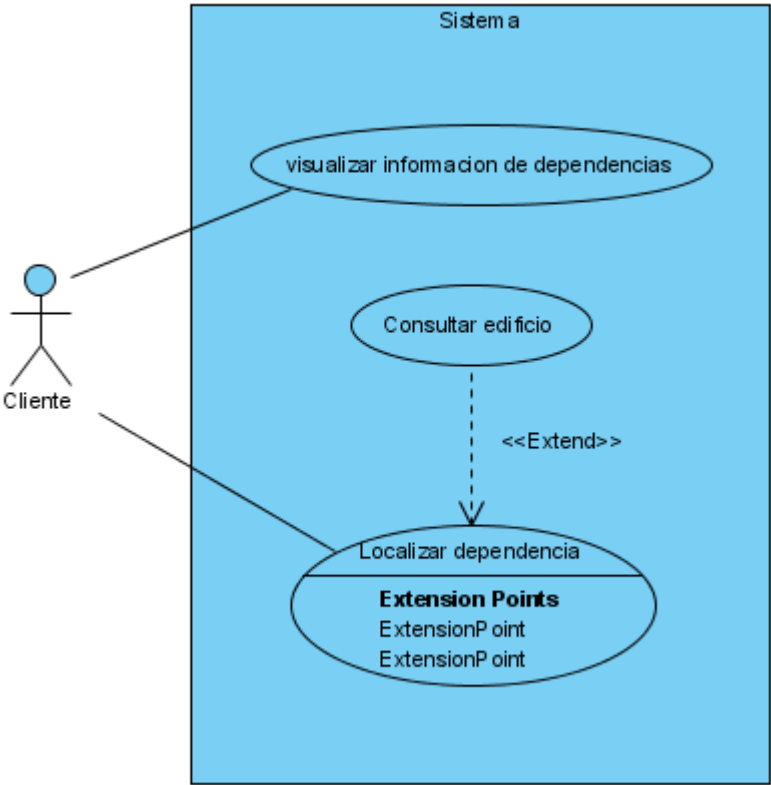
**Tabla 11: Caso de uso Georeferenciar polígonos**

Full	
<b>Use Case ID</b>	100303
<b>Super Use Case</b>	
<b>Primary Actor</b>	Administrador

<b>Secondary Actor(s)</b>			
<b>Brief Description</b>			
<b>Preconditions</b>	conexión con la base de datos, visualizar capas y en modo edición		
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	El usuario selecciona la herramienta para agregar nuevo polígono	
	2		El sistema activa la herramienta de adición de polígono y permite que el usuario cree nuevos elementos gráficos
	3	El Usuario ejecuta la herramienta de creación de polígonos, y selecciona la opción de terminar	
	4		El sistema ejecuta la orden de terminar y construye el polígono solicitado. y lo visualiza en la interfaz grafica.
	5	El usuario selecciona la opción de terminar edición	
	6		El sistema realiza la transacción sobre la base de datos y guarda los cambios.
<b>Post-conditions</b>			
<b>Alternative flows and exceptions</b>			
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			
<b>Issue</b>			
<b>Source</b>			
<b>Author</b>	David Acosta		
<b>Date</b>	25/10/2009 06:49:09 PM		

5.2.3 Visualizar Dependencias

Figura 20: Casos de Uso Visualizar Dependencias



Fuente: David Acosta y Oscar Prada






Nombre	Valor
Parent Model	 Consultar Dependencias

Tabla 12: Resumen Visualizar Dependencia

Nombre	Documentación
 Cliente	
 visualizar informacion de dependencias	
 Localizar dependencia	
 Consultar edificio	

 Sistema	
---	--

### 5.2.3.1 Detalles



Cliente



Visualizar información de dependencias

**Tabla 13: Caso de uso Visualizar información de dependencias**

Full			
Use Case ID	100105		
Super Use Case	Consultar Dependencias		
Primary Actor	Cliente		
Secondary Actor(s)			
Brief Description	Visualizar informacion de dependencias		
Preconditions	El sistema debe haber creado la lista de dependencias disponibles		
Flow of Events		Actor Input	System Response
	1	el cliente selecciona una dependencia	
	2		el sistema realiza la consulta y construye la información que será visualizada para el cliente
	3	el cliente puede visualizar la información de la dependencia consultada	
Post-conditions	El cliente realiza la consulta y visualiza la información asociada a la dependencia.		
Alternative flows and exceptions			
Non-behavior requirements			
Assumptions			
Issue			
Source			

<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	8/08/2009 09:57:02 AM



## Localizar dependencia

**Tabla 14: Caso de uso Localizar Dependencia**

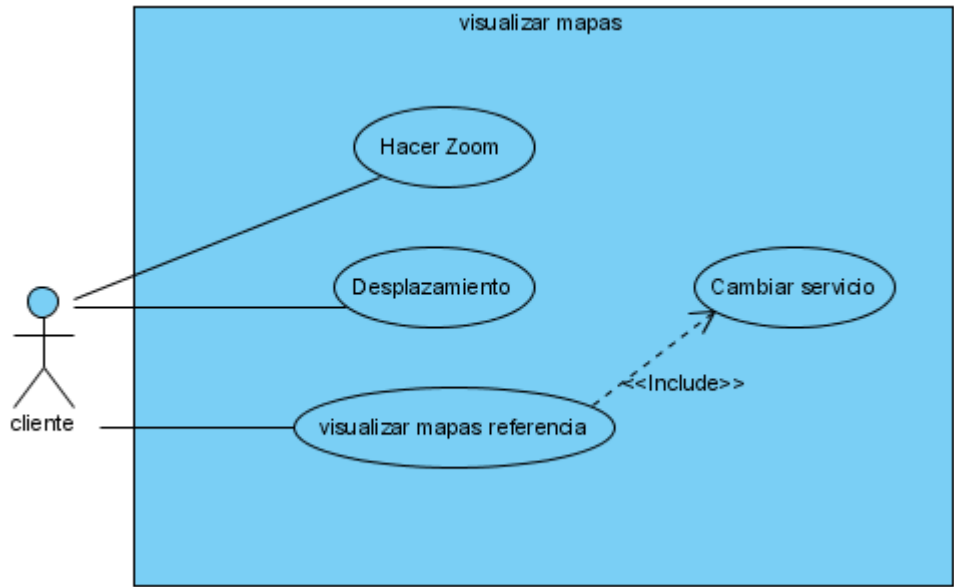
Full			
<b>Use Case ID</b>	100106		
<b>Super Use Case</b>	Consultar Dependencias		
<b>Primary Actor</b>	Cliente		
<b>Secondary Actor(s)</b>			
<b>Brief Description</b>	localización del edificio en el cual se encuentra la dependencia		
<b>Preconditions</b>	el cliente debe haber realizado la consulta de la dependencia		
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	el cliente selecciona la dependencia que quiere consultar	
	2		el sistema realiza la consulta de localización de la dependencia
	3		el sistema envía los parámetros y visualiza la localización en el mapa
	4	el cliente puede visualizar la localización en el mapa	
<b>Post-conditions</b>	El cliente realiza la consulta de la dependencia y puede localizar sobre el mapa el edificio en el cual se encuentra la dependencia.		
<b>Alternative flows and exceptions</b>			
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			

<b>Issue</b>	
<b>Source</b>	
<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	8/08/2009 10:02:50 AM



5.2.4 Visualizar Mapas







Figura 21: Casos de uso Visualizar Mapas



Fuente: David Acosta y Oscar Prada

Nombre	Valor
Parent Model	 visualizar Mapa

Tabla 15: Resumen Visualizar Mapas

Nombre	Documentación
 cliente	El cliente desea realizar consultas sobre la localización de los diferentes edificios que tiene el campus de la universidad central
 Hacer Zoom	
 Desplazamiento	
 visualizar mapas referencia	
 Cambiar servicio	
 visualizar mapas	

#### 5.2.4.1 Detalles



Cliente



Hacer Zoom

**Tabla 16: Caso de uso Hacer Zoom**

Full			
Use Case ID	100110		
Super Use Case	Visualizar Mapa		
Primary Actor	Cliente		
Secondary Actor(s)			
Brief Description	posibilidad de zoom al visualizar el mapa		
Preconditions			
Flow of Events		Actor Input	System Response
	1	el cliente desea cambiar la escala de visualización del mapa	
	2	el cliente selecciona la herramienta de zoom menos o zoom mas	
	3		el sistema cambia la escala de visualización
	4	el cliente visualiza los cambios en el mapa	
Post-conditions			
Alternative flows and exceptions	2. No hay más opciones de cambio en la escala 2a. El cambio de escala lo limita los planos de referencia o servicios de referencia.		
Non-behavior requirements			
Assumptions			
Issue			

<b>Source</b>	
<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	8/08/2009 10:20:05 AM



## Desplazamiento

**Tabla 17: Caso de Uso Desplazamiento**

Full			
<b>Use Case ID</b>	100111		
<b>Super Use Case</b>	Visualizar Mapa		
<b>Primary Actor</b>	Cliente		
<b>Secondary Actor(s)</b>			
<b>Brief Description</b>	posibilidad de desplazamiento del mapa		
<b>Preconditions</b>			
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	el cliente desea poder desplazarse en x,y sobre el mapa	
	2	el cliente selecciona la herramienta de desplazamiento	
	3		el sistema calcula los cambios y los muestra sobre el mapa
	4	el cliente visualiza los cambios de desplazamiento.	
<b>Post-conditions</b>	el cliente realiza los movimientos de desplazamiento sobre el mapa sin problemas.		
<b>Alternative flows and exceptions</b>	2. no se realiza el desplazamiento. 2a. el sistema de referencia puede no estar disponible 2b. no hay conexión a internet.		
<b>Non-behavior requirements</b>			

<b>Assumptions</b>	
<b>Issue</b>	
<b>Source</b>	
<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	8/08/2009 10:24:06 AM



## Visualizar mapas referencia

**Tabla 18: Caso de uso Visualizar mapas de referencia**

Full			
<b>Use Case ID</b>	100112		
<b>Super Use Case</b>	Visualizar Mapas		
<b>Primary Actor</b>	cliente		
<b>Secondary Actor(s)</b>			
<b>Brief Description</b>	Visualizar mapas de referencia		
<b>Preconditions</b>			
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	el cliente desea poder tener una referencia espacial al visualizar el mapa	
	2		el sistema consume los servicios de varios proveedores vía internet
	3		el sistema dispone de varias opciones para que el cliente seleccione una
	4	el cliente cambia la referencia de mapas	
	5		el sistema realiza la consulta a través de servicios web
	6		el sistema crea la visualización
	7	el cliente visualiza la referencia espacial sobre el	

	mapa
<b>Post-conditions</b>	el cliente dispone de varias alternativas de referencia y puede cambiar entre ellas sin problema
<b>Alternative flows and exceptions</b>	4. El cliente no puede cambiar de referencia 4a. el servicio web no está disponible.
<b>Non-behavior requirements</b>	
<b>Assumptions</b>	
<b>Issue</b>	
<b>Source</b>	
<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	8/08/2009 10:27:37 AM



## Cambiar servicio

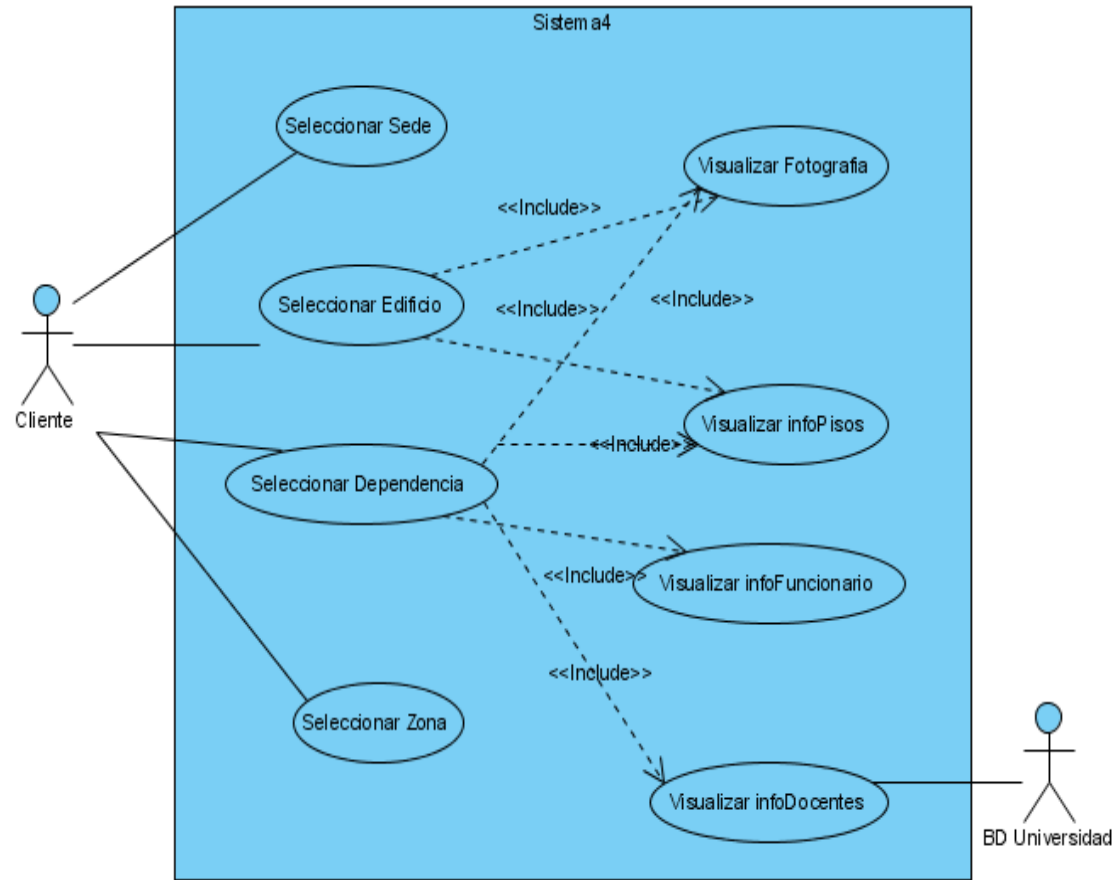
**Tabla 19: Caso de uso Cambiar servicio**

Full			
<b>Use Case ID</b>	100114		
<b>Super Use Case</b>			
<b>Primary Actor</b>	Cliente		
<b>Secondary Actor(s)</b>			
<b>Brief Description</b>			
<b>Preconditions</b>	Disponibilidad de los servicios de referencia		
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	El cliente selecciona la herramienta de visualización para seleccionar las opciones de mapas de referencia	
	2		El sistema crea una lista de opciones con los servicios disponibles

	3	El usuario selecciona un servicio	
	4		El sistema hace los cambios sobre la interfaz, hace la solicitud al servicio seleccionado
	5		el servicio retorna la información de referencia, el sistema lo grafica en la interfaz de usuario
	6	El cliente visualiza los cambios sobre la interfaz grafica del mapa	
<b>Post-conditions</b>			
<b>Alternative flows and exceptions</b>			
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			
<b>Issue</b>			
<b>Source</b>			
<b>Author</b>		David Acosta	
<b>Date</b>		25/10/2009 06:30:44 PM	

5.2.5 Visualizar Info Mapa






Figura 22: Casos de uso Visualizar Info Mapa



Fuente: David Acosta y Oscar Prada

Tabla 20: Resumen Visualizar Info Mapa

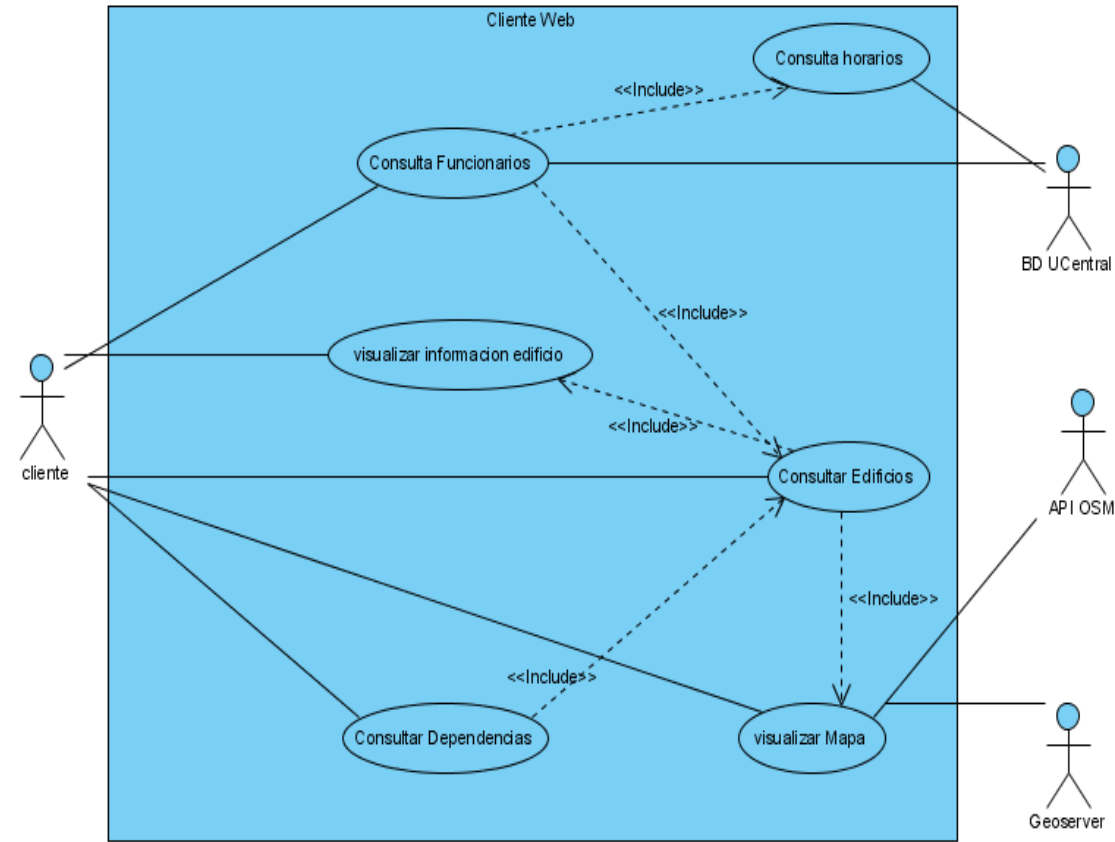
Nombre	Documentación
Cliente	
Seleccionar Sede	
Seleccionar Edificio	
Visualizar Fotoграфия	
Visualizar infoPisos	
Seleccionar Dependencia	

 Visualizar infoDocentes	
 Visualizar infoFuncionario	
 Seleccionar Zona	
 BD Universidad	
 Sistema4	







5.2.6 Cliente Web








Figura 23: Casos de Uso Cliente Web



Fuente: David Acosta y Oscar Prada

Tabla 21: Resumen Cliente Web

Nombre	Documentación
 cliente	El cliente desea realizar consultas sobre la localizacion de los diferentes edificios que tiene el campus de la universidad central
 visualizar Mapa	
 Consultar Edificios	
 visualizar informacion edificio	

 Consultar Dependencias	
 Consulta Funcionarios	
 Consulta horarios	
 BD UCentral	
 Geoserver	Es el servidor de mapas utilizado para publicar los edificios a traves de WMS
 API OSM	Es el API utilizado para tener acceso a los servicios ofrecidos por google para google maps, es usado como mapa de referencia
 Cliente Web	

#### 5.2.6.1 Detalles



**Cliente**



**Visualizar Mapa**

**Tabla 22: Caso de uso visualizar mapa**

Full			
<b>Use Case ID</b>	100101		
<b>Super Use Case</b>			
<b>Primary Actor</b>	Cliente		
<b>Secondary Actor(s)</b>	API Google, google maps Geoserver, servidor de mapas WMS		
<b>Brief Description</b>	visualizacion de mapa		
<b>Preconditions</b>			
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	El cliente comienza una nueva consulta de localización	
	2		El sistema realiza la consulta a los servicios de mapas para

			crear las referencias espaciales
	3		construye el mapa y lo muestra al cliente web
	4	El cliente utiliza las herramientas de navegación para ubicar la zona de interés	
<b>Post-conditions</b>	El usuario visualiza el mapa de referencia y la información de la universidad de forma correcta		
<b>Alternative flows and exceptions</b>	2. No están disponibles los servicios de referencia o el cliente no tiene conexión a internet. 2a. El mapa no puede ser mostrado		
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			
<b>Issue</b>			
<b>Source</b>			
<b>Author</b>	David Acosta		
<b>Date</b>	7/08/2009 09:54:52 AM		



## Consultar Edificios

**Tabla 23: Casos de Uso Consultar Edificios**

Full			
<b>Use Case ID</b>	100102		
<b>Super Use Case</b>			
<b>Primary Actor</b>	Cliente		
<b>Secondary Actor(s)</b>			
<b>Brief Description</b>	consultar edificios y localizarlos sobre el mapa		
<b>Preconditions</b>	si es usuario local, tener conexión a internet		
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>

	1	El cliente selecciona la sede de interés	
	2		el sistema realiza la consulta y muestra los edificios asociados a dicha sede
	3	el cliente selecciona el edificio de interés	
	4		el sistema realiza la consulta de la información asociada a este edificio y muestra la fotografía, la información de pisos
	5		el sistema Localiza el edificio sobre el mapa
<b>Post-conditions</b>	El cliente encuentra el edificio, visualiza la información asociada a este y lo localiza en el mapa		
<b>Alternative flows and exceptions</b>	<p>3. El edificio que busca no se encuentra en la lista mostrada por el sistema.</p> <p>3a. El cliente debe informar a través de correo electrónico la falta de dicha información.</p> <p>3b. El administrador debe revisar y actualizar los datos a través de la herramienta administrativa.</p>		
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			
<b>Issue</b>			
<b>Source</b>			
<b>Author</b>	David Acosta		
<b>Date</b>	8/08/2009 09:14:55 AM		



## Visualizar información edificio

**Tabla 24: Caso de Uso visualizar información edificio**

Full			
Use Case ID	100103		
Super Use Case			
Primary Actor	Cliente		
Secondary Actor(s)			
Brief Description	Visualizar información asociada al edificio		
Preconditions	Haber realizado la consulta del edificio		
Flow of Events		Actor Input	System Response
	1	El cliente visualiza la fotografía del edificio	
	2	El cliente visualiza una lista de los pisos que tiene el edificio	
	3	El cliente selecciona el piso que quiere consultar	
	4		El sistema muestra los espacios que tiene dicho piso
	5	el cliente selecciona la opción de ver plano de piso	
	6		el sistema crea un archivo para descargar con la información del plano arquitectónico del piso correspondiente.
Post-conditions	El cliente visualiza de forma correcta la información correspondiente al edificio consultado, visualiza los espacios por piso y descarga el plano arquitectónico por piso.		
Alternative flows and exceptions	1. No hay fotografía 1a. el cliente informa al administrador de la falta de fotografía del edificio consultado.		
Non-behavior requirements			

<b>Assumptions</b>	
<b>Issue</b>	
<b>Source</b>	
<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	8/08/2009 09:28:50 AM



## Consultar Dependencias

**Tabla 25: Caso de uso Consultar dependencias**

Full			
<b>Use Case ID</b>	100104		
<b>Super Use Case</b>			
<b>Primary Actor</b>	cliente		
<b>Secondary Actor(s)</b>			
<b>Brief Description</b>	Consultar informacion de dependencias		
<b>Preconditions</b>			
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	el cliente selecciona la opción para visualizar las dependencias de la universidad	
	2		El sistema lista las principales dependencias
	3	el cliente selecciona la dependencia y visualiza los funcionarios asociados a dicha dependencia	
	4	el cliente selecciona la dependencia que quiere consultar	
	5		el sistema muestra la información asociada a esta dependencia

	6		el sistema realiza la consulta de localización y muestra la ubicación en el mapa
	7		el sistema realiza la consulta del edificio en el cual se encuentra la dependencia.
	8	el cliente visualiza la información de la dependencia	
	9	el cliente visualiza la localización en el mapa de la dependencia	
<b>Post-conditions</b>	el cliente consulta la información relacionada con la dependencia, su localización e información del edificio en el cual se encuentra la dependencia.		
<b>Alternative flows and exceptions</b>	1. La dependencia consultada no se encuentra listada 1a. el cliente informa al administrador de la falta de dicha información. 1b. el administrador valida y actualiza la información a través de la herramienta administrativa.		
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			
<b>Issue</b>			
<b>Source</b>			
<b>Author</b>	David Acosta		
<b>Date</b>	8/08/2009 09:38:20 AM		



## Consulta Funcionarios

**Tabla 26: Caso de uso Consulta Funcionarios**

Full	
<b>Use Case ID</b>	100100
<b>Super Use Case</b>	
<b>Primary Actor</b>	cliente
<b>Secondary Actor(s)</b>	

<b>Brief Description</b>	consulta de funcionarios		
<b>Preconditions</b>	el navegador debe tener habilitado javascript		
<b>Flow of Events</b>		<b>Actor Input</b>	<b>System Response</b>
	1	Selecciona la herramienta de selección de docentes	
	2		El sistema habilita la interfaz grafica de usuario para consulta de docentes
	3	el usuario ingresa los criterios de búsqueda	
	4	el usuario selecciona el botón de consulta	
	5		el sistema realiza la búsqueda y crea los resultados
	6		el sistema visualiza los resultados de la búsqueda
	7	el usuario selecciona uno de los resultados	
	8		el sistema realiza la búsqueda de localización
	9		el sistema visualiza el resultado sobre el mapa
<b>Post-conditions</b>			
<b>Alternative flows and exceptions</b>			
<b>Non-behavior requirements</b>			
<b>Assumptions</b>			
<b>Issue</b>			
<b>Source</b>			
<b>Author</b>	David Acosta		
<b>Date</b>	3/08/2009 06:18:11 PM		





## Consulta horarios

Tabla 27: Caso de Uso Consulta Horarios

Full			
Use Case ID	100105		
Super Use Case			
Primary Actor	Usuario		
Secondary Actor(s)	BD Ucentral		
Brief Description			
Preconditions	disponibilidad de conexión con BD Ucentral el usuario a realizado una consulta de funcionario		
Flow of Events		Actor Input	System Response
	1	BD Ucentral realiza la consulta de horario relacionada con el funcionario	
	2		El sistema realiza la consulta y retorna los resultados
	3		El sistema construye la interfaz con el resultado obtenido
	4	El usuario selecciona la localización del funcionario de acuerdo al día y hora específico	
	5		El sistema realiza la consulta de ubicación y retorna las coordenadas
	6		El sistema actualiza el mapa, con la ubicación obtenida
Post-conditions			
Alternative flows and exceptions	2. si el docente no tiene información de horarios, no se visualizara resultados de búsqueda.		
Non-behavior requirements			

<b>Assumptions</b>	
<b>Issue</b>	
<b>Source</b>	
<b>Author</b>	David Acosta
<b>Date</b>	14/10/2009 03:45:51 PM

## **5.3 HERRAMIENTAS SOFTWARE**

### **5.3.1 Motor de Base de datos**

En el mercado existen varios motores de bases de datos, que cumplen con las características técnicas que requiere este proyecto, por ejemplo Oracle y MS SQL Server, pero estos dos son software privativo y comercial, lo cual hace que no cumplan con el objetivo principal del proyecto, el cual es utilizar software libre.

Dentro de los motores de bases de datos más estable, robusto y libre, esta PostgreSQL, el cual permite administrar y gestionar la información necesaria alfanumérica y espacial gracias a PostGIS el cual es un modulo que añade soporte de objetos geográficos a la base de datos objeto-relacional, convirtiéndola en una base de datos espacial para su utilización en sistemas de información geográfica.

### **5.3.2 Administrador de Mapas**

En el mercado existe una infinidad de productos SIG que pueden cumplir con el propósito para este proyecto, a continuación se enumeran algunos:

#### **5.3.2.1 Software privativo y comercial.**

- ArcGIS, es el software líder en el mercado desarrollado por la empresa ESRI, dispone de una gran cuota del mercado y una gran experiencia en ofrecer soluciones en el área de sistemas de información geográfica, su gran limitante para este tipo de proyectos, es el costo del licenciamiento, y que estaría sobredimensionado para los requerimientos básicos que se tienen.
- Geomedia, es un gran programa para SIG desarrollado por la empresa Intergraph, al igual que ArcGIS la limitante es el costo del licenciamiento, y que al igual estaría sobredimensionado para los requerimientos del sistema.

#### **5.3.2.2 Software libre y gratuito**

- gvSIG, es uno de los más populares, su desarrollo es cofinanciado por la unión europea, está desarrollado en JAVA y cuenta con un gran soporte de la comunidad, es fácilmente extensible a través de plugins.
- uDig, es más que un cliente SIG, está desarrollado sobre el framework de Eclipse el IDE más popular para desarrollo, sus ventajas radican en el fácil desarrollo de aplicaciones a medida para soluciones SIG Empresariales.
- QGIS, es otra herramienta popular de clientes SIG, su ventaja es el desarrollo en C++, y sus librerías QT para la interfaz grafica, lo cual lo hace una herramienta que consume menos recursos que sus competidores.

De acuerdo a lo anterior se escogió para la administración de la información vectorial, gvSIG por el gran trabajo desarrollado por la empresa IVER y Prodevelop cofinanciado por la unión europea a través de la consejería de infraestructura y transporte de la Generalidad Valenciana. gvSIG es un programa para el manejo de información geográfica que se distribuye bajo licencia

GNU/GPL, el cual permite acceder a información vectorial y raster así como a servidores de mapas que cumplan con la especificación del OGC. Esta desarrollado en lenguaje JAVA, lo cual le permite el funcionamiento en múltiples sistemas operativos, cumple con todos los estándares de la OGC y está muy bien documentado, es software libre, ahora esto se hizo por tomar uno como referencia para la documentación de este proyecto, puesto que cualquiera de los mencionados en este documento se hubiera podido emplear de la misma forma, esa es la ventaja de trabajar con estándares abiertos, que no está atado a ninguna firma de software privativo.

### **5.3.3 Servidor de Mapas**

En cuanto a servidores de mapas, al igual que los clientes, existen varios en el mercado, como:

#### **5.3.3.1 Software privativo y comercial**

- ArcGIS Server, es el líder del mercado a nivel comercial, es desarrollado por la empresa ESRI y dispone de múltiples ventajas para la publicación y consulta de información geográfica, el inconveniente para este tipo de proyectos son los altos costos del licenciamiento.

#### **5.3.3.2 Software libre y gratuito**

- MapServer, es uno de los más populares, tiene mucha más trayectoria y son conocidas sus ventajas en cuanto a rendimiento y disponibilidad.
- GeoServer, es miembro del grupo de herramientas opensource del grupo opensig, está desarrollado en Java y tiene un desarrollo acelerado, cumple con todos los estándares de OGC y dispone de un buen soporte por la comunidad.

En el campo de los servidores de mapas open source, se escoge GeoServer, el cual es una aplicación escrita en Java que permite compartir y editar datos geoespaciales, diseñado para permitir la interoperabilidad, y publicación de datos desde cualquier fuente de datos que utilice estándares abiertos, al igual que en el caso del cliente, se puede trabajar con MapServer, cumplirían con los mismo requerimientos para el proyecto.

#### **5.3.4 Publicación de Mapas**

Una de las herramientas más importantes a nivel de publicación de mapas es OpenLayers, el cual en realidad es una biblioteca java script que permite publicar mapas a través de diversas fuentes o aplicaciones. OpenLayers cuenta con soporte para capas WMS, navegación, iconos, marcas y selección de capas de acuerdo al estándar de OGC. Se escoge OpenLayers por su integración directa con el grupo opensig y con GeoServer como herramienta de pre visualización.

#### **5.3.5 Framework de aplicaciones Web**

ZK es un framework de aplicaciones Web en Ajax, completamente escrito en Java de código abierto que permite construir interfaces de usuario sin utilizar Java Script. ZK utiliza el acercamiento llamado centrado-en-el-servidor para la sincronización de componentes y el pipelining entre clientes y servidores se haga automáticamente por el motor, los códigos de Ajax sean completamente transparentes para los desarrolladores de aplicaciones Web. Se emplea esta herramienta por la facilidad en la construcción de la interfaz grafica de usuario, también se pueden construir soluciones en tecnologías como JSP, JFS, PHP o Python.

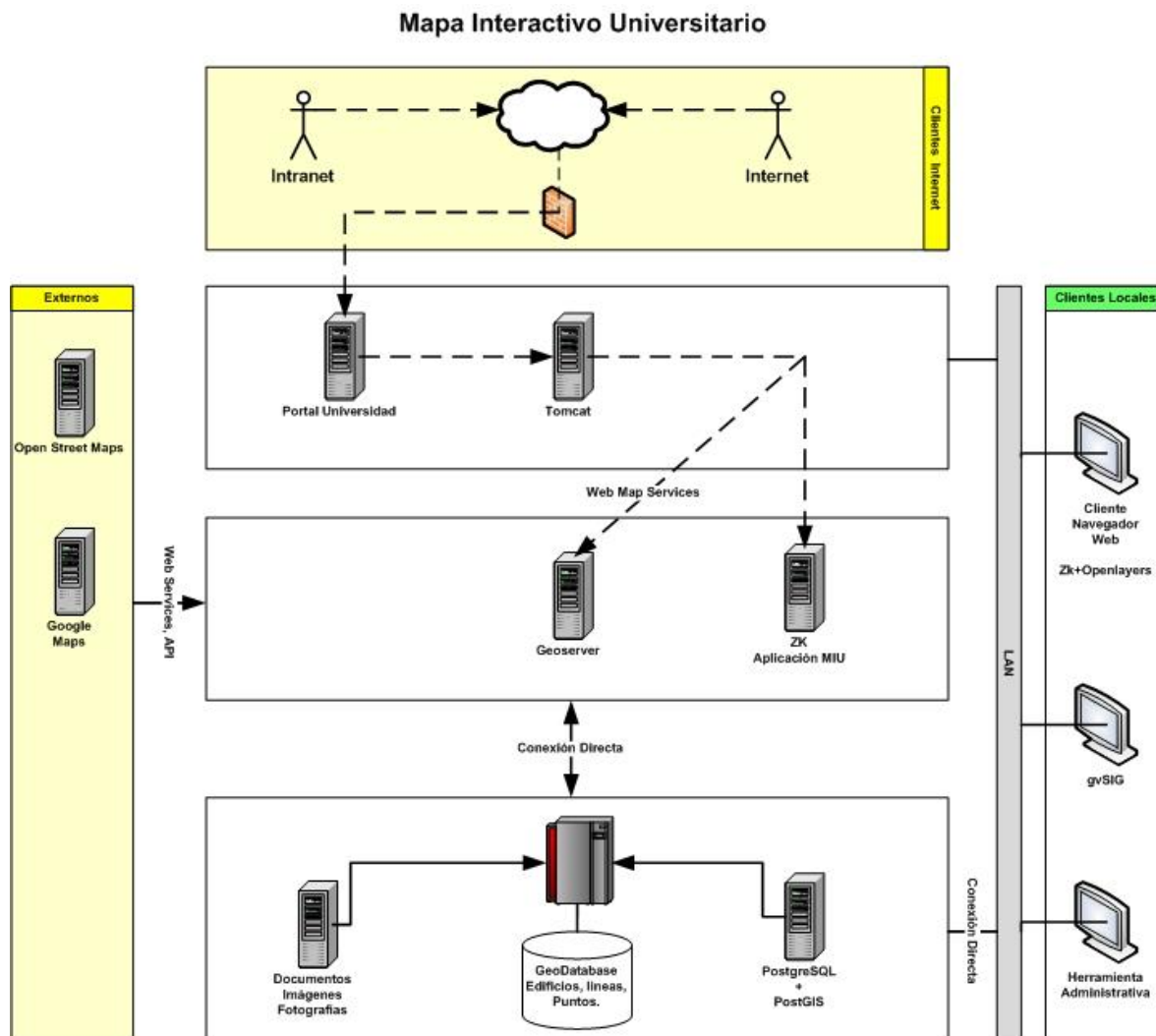
## **5.4 DISEÑO DE LA ARQUITECTURA**

De acuerdo a los requerimientos funcionales y a los casos de uso de alto nivel, se hace el siguiente diseño de la arquitectura del sistema.

Para lograr cumplir con todos los requerimientos funcionales, se hace necesario contar con los siguientes elementos:

- Base de datos con soporte espacial
- Servidor de mapas
- Servidor de aplicación
- Servidor Web

Figura 24: Arquitectura del sistema



Fuente: David Acosta y Oscar Prada

La arquitectura del sistema está dividida en capas:

- En el primer nivel se encuentra la base de datos, tanto la base de datos espacial, como la de la información alfanumérica.

- En el siguiente nivel, se encuentran los servidores de aplicación o negocio, en este nivel se incluye el servidor de aplicación para cliente web, como el servidor de mapas.
- En el siguiente nivel, se encuentra la publicación web, aquí están los servidores web, de la aplicación y del portal universitario.
- En la capa final, se encuentra el usuario.
- Verticalmente se encuentran, los clientes locales que están integrados por el cliente administrador, el cliente de mapas sig y un cliente local de consulta de la información.
- Por otro lado están los servicios web, que se consumen para proporcionar la capa de referencia para la plataforma.

#### **5.4.1 Diseño de la Base de Datos**

De acuerdo a los requerimientos funcionales de la aplicación y a la arquitectura, se diseño un modelo de datos basado en la propuesta que hace la compañía comercial ESRI y el modelo para “Building Interior Space”, y que se puede consultar en (<http://resources.arcgis.com/content/building-interior-space-data-model>), para este proyecto en particular se realizaron unos cambios de acuerdo a las necesidades del mismo.





### **5.4.2 Desktop**

Solución para administrar la información alfanumérica, la cual se escribió completamente utilizando el Swing Application Framework JSR-296, el cual permite desarrollar aplicaciones desktop empleando el patrón MVC (Modelo Vista Controlador), y Java Persistence API utilizando TopLink el cual es un Object-relational mapping (ORM) para desarrollo en Java.

La aplicación permite la administración de la información alfanumérica asociada a los elementos espaciales, es una solución construida a medida y que permite de forma fácil para el usuario, administrar los atributos sin necesidad de una herramienta tipo SIG, ya que el tipo de información almacenada es exclusivamente administrativa, a diferencia de los elementos vectoriales los cuales son información que representa los elementos físicos y estos sus cambios son mucho más lentos en el tiempo a diferencia de la información administrativa de los mismos.

#### **5.4.2.1 Diseño interfaz de usuario de escritorio**

El diseño de la interfaz de usuario para el cliente de escritorio, está pensada para ofrecer de una forma amigable y sencilla el acceso a los datos de administración que están asociados a cada elemento vectorial que está almacenado en la base de datos espacial PostgreSQL y PostGIS, esta herramienta está enfocada a realizar los cambios en la información alfanumérica únicamente.

Figura 26: Diseño interfaz de usuario Administrador

**Administrador** [Iconos de ventana]

Archivo Configuración Ayuda

Buscar

Column 1	Column 2
Value A	Value 1
Value B	Value 2

Nuevo Editar Borrar Guardar Actualiz...

Column 1	Column 2
Value A	Value 1
Value B	Value 2

Nuevo Guardar

Column 1	Column 2
Value A	Value 1
Value B	Value 2

Nuevo Guardar

Column 1	Column 2
Value A	Value 1
Value B	Value 2

Nuevo Guardar

Fuente: David Acosta y Oscar Prada

La interfaz de usuario para el usuario administrador le permite crear, modificar y eliminar la información asociada en orden de jerarquía para Edificio → Piso → Espacio → Funcionario.

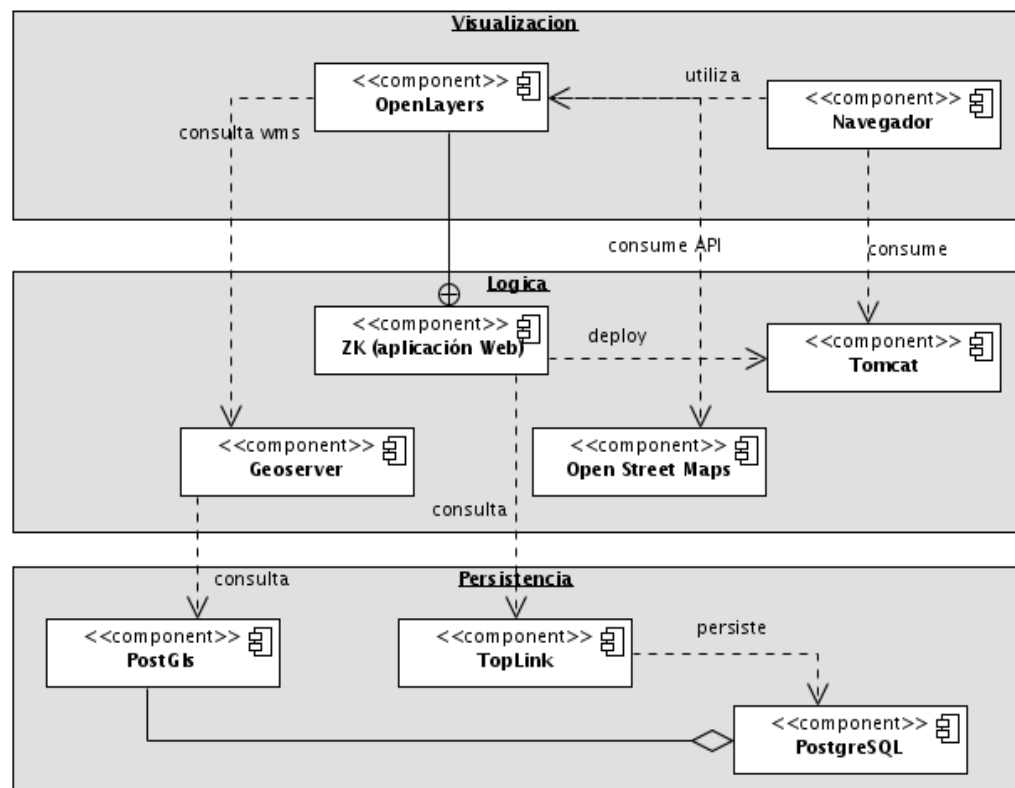
### 5.4.3 Web

En la solución web también se emplea el patrón MVC (Modelo Vista Controlador), empleando como ORM TopLink para la persistencia, Java y ZK para la capa de aplicación y XML, HTML y Java Script para la capa de presentación.

La información extendida del diseño se encuentra en el manual de diseño.

### 5.4.4 Diagrama de Componentes

Figura 27: Diagrama de componentes cliente web



Fuente: David Acosta y Oscar Prada

La información extendida del diseño se encuentra en el manual de diseño.

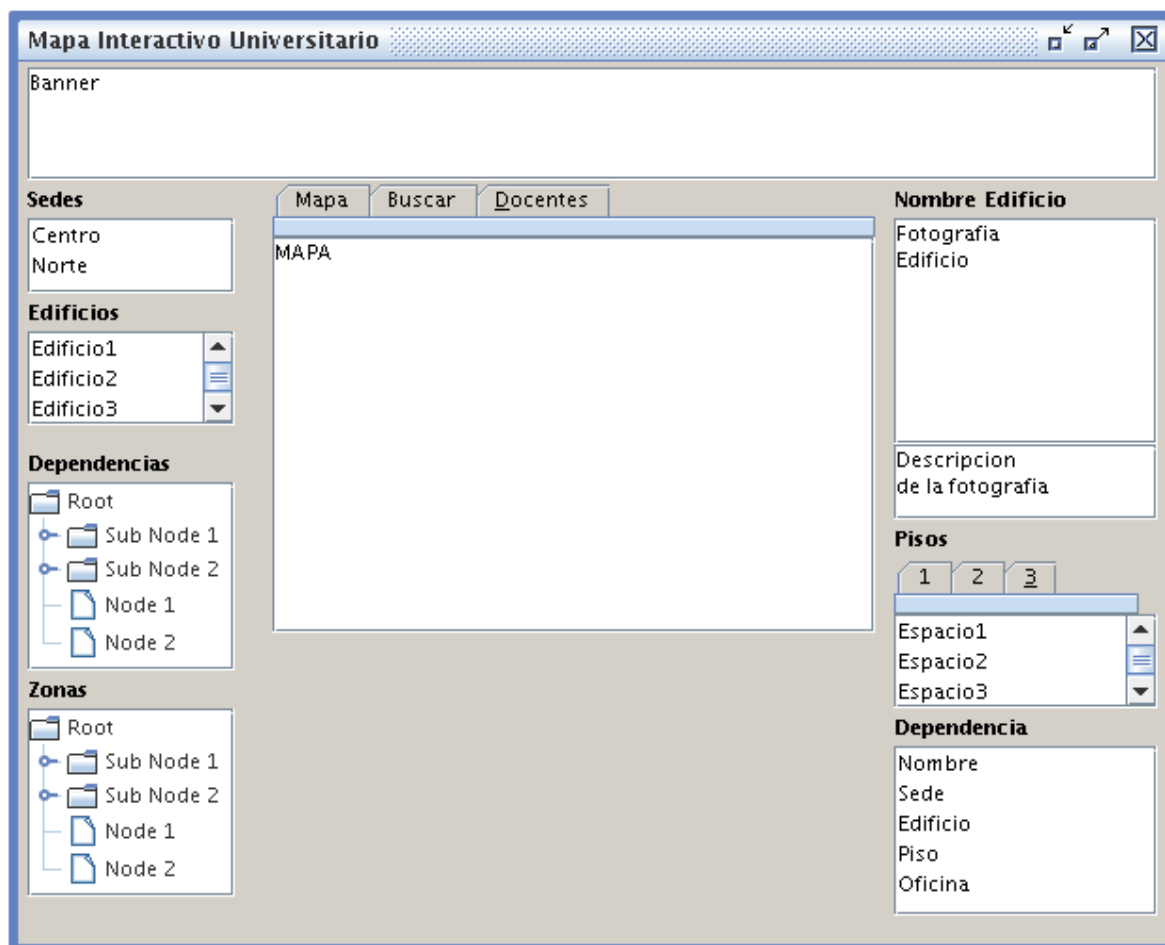
El modelo se basa en el patrón MVC (Modelo Vista Controlador) y está diseñado en tres capas:

- Persistencia: PostgreSQL como motor de base de datos, PostGIS como componente de funciones o procedimiento almacenados que permiten la funcionalidad espacial y TopLink como API de persistencia.
- Lógica: Geoserver como servidor de mapas, ZK como controlador de los componentes web, Tomcat como administrador de servlets y OSM (OpenStreetMaps) como servicio de mapas de referencia.
- Visualización: OpenLayers como cliente ligero de mapas que consume servicios WMS y un navegador Web que permite la interactividad y cargue de todos los componentes para los usuarios.

#### **5.4.4.1 Diseño interfaz de usuario WEB**

Para el diseño de la interfaz de usuario web, se tuvo en cuenta que el usuario contara con la mayor cantidad de información posible en un mismo espacio de trabajo, que pudiera visualizar los niveles de información publicados, que tuviera acceso directo al mapa y que pudiera realizar las consultas que requiera, pero todo enfocado a la relación con la ubicación geográfica, de tal forma que al tratar de ubicar un elemento, este se refleje de inmediato sobre el mapa.

Figura 28: Diseño interfaz de usuario web



Fuente: David Acosta y Oscar Prada

La interfaz de usuario Web, es la que le permite el acceso a todas las funcionalidades de consulta de la información a través de internet o Intranet a los usuarios, permite la consulta de información georeferenciada y la consulta de datos asociados.

Se divide en tres espacios principales, a la izquierda encontramos las opciones de búsqueda pre-definidas, como son:

- Sedes
- Edificios
- Dependencias
- Zonas

En la parte central se encuentra la publicación del mapa, las opciones de búsqueda general, como:

- Búsqueda por nombre de edificio o espacio.
- Búsqueda de la información asociada al horario académico de los docentes.

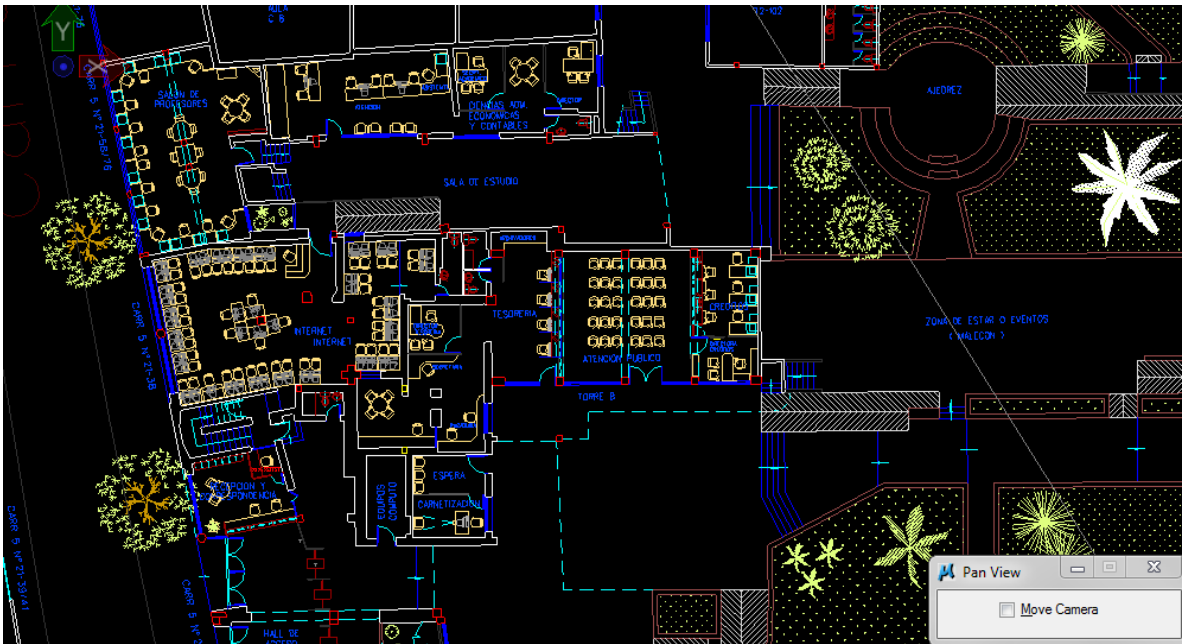
Hacia el lado derecho esta la información específica de acuerdo a la consulta realizada, esta información cambia de acuerdo al elemento consultado, como a la disponibilidad de los datos asociados.

## **5.5 CONSTRUCCIÓN DE LA SOLUCIÓN**

### **5.5.1 Levantamiento de la Información**

Para realizar el levantamiento de la información necesaria para el funcionamiento de la solución, fue necesario el apoyo del departamento de servicios administrativos, el cual facilito los planos arquitectónicos en formato CAD, específicamente DWG, dichos planos presentaban una inconsistencia en cuanto a la real posición en el espacio, puesto que su georeferenciación no era precisa, lo que implico realizar un proceso de ajuste en posición con un sistema de transformación afín, el cual consiste en mover, rotar y escalar de acuerdo a 3 puntos mínimos conocidos, todo esto para que la información espacial fuera consistente con los sistemas de proyección internacional.

Figura 29: Ejemplo información CAD



Fuente: David Acosta y Oscar Prada

Figura 30: Ejemplo Información Administrativa

A480					Calle 22 No. 3-69				
A		B		C		D		E	
OFICINA DE REGISTRO ACADEMICO									
PROPUESTA DE CLASIFICACION DE ESPACIOS PARA MAPA VIRTUAL									
ACCESOS (PORTERIAS, RECEPCIONES)									
EDIFICIOS CASAS (TORRES, ZONAS)									
SERVICIOS(CAFETERIAS, MICROONDAS, CAJEROS, BAÑOS)									
DEPENDENCIAS ACADEMICAS									
DEPENDENCIAS ADMINISTRATIVAS									
ESPACIOS ACADEMICOS									
Torre A									
TORRE o ZONA		PISO		DESCRIPCION DEL LUGAR		CARGOS		NOMBRE FUNCIONARIO	
Torre A		Primer Piso		Acceso carrera 5 Entrada Principal (Carrera 5 No. 21-38) Recepción carrera 5a. Punto de control de Activos Torniquetes - Control de Acceso Oficina de Registro Académico – Carnetización					
		Segundo Piso		Departamento de Administración de Empresas		Director Carrera Administración de Empresas		Claudia Ramírez	
				Decanatura de la Facultad de Ciencias Administrativas, Sala No. 1 de Profesores de Administración de Empresas		Decano		Diego Otero	
				Baños					
		Tercer Piso		Oficina Responsabilidad Social-Administración de Empresas Sala No. 2 de Profesores de Administración de Empresas Oficina de Investigación de Administración Aula 301 Aula 303 Aula 304 Aula 305					
		Cuarto Piso		Oficina Ingenium de Administración de Empresas Aula 401 Aula 402 Aula 403					

Fuente: David Acosta y Oscar Prada



De igual forma, se hizo un recorrido para validar la información y tomar las fotografías que serian utilizadas para la identificación de cada uno de los edificios.

Figura 31: Ejemplo Fotografía Edificio



Fuente: David Acosta y Oscar Prada, propiedad Universidad Central

### 5.5.2 Construcción de la Base de Datos

La Base de Datos se construyo sobre el motor PostgreSQL + PostGIS, de acuerdo al diseño del modelo de datos, en el CDROM que se entrega, se encuentra los archivos SLQ con el Schema de la base de datos.

### 5.5.3 Creación de la información vectorial

La representación grafica de los edificios es a través de polígonos georeferenciados, para lograr esto se utilizo el software gvSIG gracias a que permite la visualización de archivos en formato DWG.

El ejercicio práctico fue el siguiente:

- Corregir previamente la proyección espacial del archivo CAD en el software Autocad.

- En gvSIG crear una vista con la proyección EPSG: 3116 la cual corresponde a la proyección de coordenadas planas Gauss Krüger origen Bogotá y Datum GRS80, lo cual permitirá que la información publicada sea compatible internacionalmente, con los sistemas de publicación de mapas comerciales.
- Crear una capa de tipo polígono, sobre la cual se crearan los polígonos necesarios para representar los edificios.
- Cargar el archivo CAD corregido y con las coordenadas acordes al sistema de proyección empleado en la vista de gvSIG.
- Empleando la información CAD como referencia, comenzar la edición de la capa Edificios, y dibujar los polígonos que representan cada uno de los edificios, y definir el identificador único de cada registro, este valor permitirá vincular la información alfanumérica correspondiente.
- Al finalizar la edición, se exporta el archivo a través de gvSIG a PostGIS, esto escribirá la información vectorial georeferenciada sobre la base de datos PostgreSQL.

El método aquí empleado, no es la única forma de realizar la edición y cargué de los datos a la base de datos, existen múltiples alternativas, comerciales como libres y gratuitas para hacerlo.

#### **5.5.4 Cargue de la información alfanumérica**

Para realizar el cargue de la información alfanumérica, se construyo primero la herramienta administrativa para escritorio, lo cual permitió al tiempo del cargue de los datos, depurar y verificar el correcto funcionamiento de la misma.

#### **5.5.5 Publicación de la información web**

Para la publicación espacial a nivel web, es necesario disponer de un servidor de mapas, como se justifico en capítulos anteriores, para este proyecto se utiliza Geoserver, el cual permite publicar la información espacial almacenada en la base de datos PostgreSQL + PostGIS, en el manual técnico, se expone paso a paso los mecanismos para configurar, y publicar la información requerida a través de este servidor.

Adicionalmente se construyo una aplicación web, para consumir los servicios web geográficos servidos por Geoserver y realizar consultas de la información alfanumérica asociada a cada elemento vectorial, es una aplicación desarrollada completamente en JAVA, fabricada a medida de acuerdo a los requerimientos e integrada a un conjunto de componentes Open Source.

## **5.6 LICENCIAMIENTO**

Todas las herramientas software utilizadas para la elaboración de este proyecto, desde el sistema operativo, aplicaciones ofimáticas, servidores de aplicación, servidores de bases de datos y frameworks cuentan con una licencia de tipo open source y que de igual forma obliga a que los productos derivados adopten una licencia similar. La ventaja de este tipo de licenciamiento es que como ingenieros se puede tener acceso al código fuente, y de esta forma modificarlo, mejorarlo u optimizarlo de acuerdo a las necesidades de cada proyecto, de igual forma las herramientas empleadas aquí, no implican ningún costo para la Universidad Central, haciendo de esto un beneficio para la comunidad académica ya que a futuro, se pueden realizar los cambios que se requieran y contratar a cualquier profesional en el área, sin depender de un proveedor exclusivo ni de contratos de mantenimiento o actualización.

### **5.6.1 PostgreSQL**

Licencia BSD <http://www.postgresql.org/about/licence.html>

### **5.6.2 PostGIS**

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

### **5.6.3 Geoserver**

Licencia GPL <http://geoserver.org/display/GEOS/License>

### **5.6.4 Apache Tomcat**

Licencia Apache Software <http://www.apache.org/licenses/>

### **5.6.5 OpenLayers**

Licencia BSD <http://svn.openlayers.org/trunk/openlayers/license.txt>

### **5.6.6 GvSIG**

Licencia GPL <http://www.gvsig.gva.es/cast/que-es-gvsig/>

### **5.6.7 ZK**

Licencia GPL y Comercial <http://www.zkoss.org/price/pricing.dsp>

### **5.6.8 NetBeans**

Licencia CDDL y GPL <http://www.netbeans.org/about/legal/index.html>

## 6. COSTOS

A continuación se presentan los gastos en los que se incurrieron para el desarrollo me MIU (Mapa Interactivo Universitario) realizado para la Universidad Central, estos gastos fueron asumidos durante un periodo de tiempo de 18 Meses.

**Tabla 28, Costos**

Concepto	Valor Unitario	Cantidad	Unidad	Valor
Libros de Texto	\$ 150,000.00	2		\$ 300,000.00
Transporte	\$ 80,000.00	18	mes	\$ 1,440,000.00
Telefonía	\$ 80,000.00	18	mes	\$ 1,440,000.00
Servicio de Internet	\$ 120,000.00	18	mes	\$ 2,160,000.00
Alimentación	\$ 100,000.00	18	mes	\$ 1,800,000.00
Servicios públicos	\$ 160,000.00	18	mes	\$ 2,880,000.00
Papelería				\$ 250,000.00
Otros				\$ 3,800,000.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 14,070,000.00</b>

## **7. CONCLUSIONES Y RESULTADOS**

### **7.1 CONCLUSIONES**

A continuación se definen las conclusiones obtenidas en el desarrollo de este proyecto. En la sección 7.2 se exponen los resultados principales obtenidos y en la sección 7.3 se muestran los puntos identificados por los que puede continuar la investigación y desarrollo futuro partiendo de la base del trabajo realizado en este proyecto.

Como conclusiones de este proyecto de grado, se estudiara el conjunto de objetivos y motivaciones que llevaron a su desarrollo, y hasta qué punto se han cumplido los mismos.

- Un objetivo inicial para este proyecto, era el conocer la ubicación de la infraestructura física y los servicios ofrecidos tanto por los departamentos académicos, como los administrativos, para lograr esto, la universidad central en cabeza de su departamento administrativo, hizo entrega de los planos arquitectónicos y la información de cada sede, edificio, espacio y funcionario, de tal forma que permitiera digitalizar y georeferenciar cada edificio, y asignarle un identificador único que permitiera asociar la información del mismo, de sus pisos, espacios y funcionarios que laboran en ellos, en la sección 5.5.1 se explica cómo se realizó el levantamiento de la información. Al finalizar el levantamiento, edición y estructuración de la información es evidente la necesidad de implementar este tipo de sistemas en entornos en los cuales la

dinámica en los cambios de remodelación y reubicación de servicios es tan frecuente, y por esto mismo es necesario que la universidad administrativamente genere unos procesos y procedimientos para garantizar el mantenimiento y actualización de la plataforma.

- Para realizar la evaluación de las diferentes alternativas existentes a nivel de servicios de mapas y publicación de información geográfica, se consultaron las diferentes alternativas cuyo licenciamiento especificara que era software libre, y adicionalmente gratuito, con el fin de poder crear una solución cuyos costos no se vieran afectados por el licenciamiento comercial, en este aspecto se pudo evidenciar la creciente población de software SIG, gracias al apoyo de la comunidad europea en este sentido, también de el respeto y la acogida a nivel tanto comercial como libre y gratuito de los estándares publicados por el OGC, permitiendo el fácil intercambio de información espacial, lo cual hizo que existiera un abanico de posibilidades para construir este tipo de proyectos, independiente de los costos asociados por licenciamiento comercial. Las alternativas a nivel de herramientas para la publicación de información georeferenciadas, están fundamentadas de acuerdo a la demanda del mercado y es evidente que el software libre es base fundamental para las propuestas del software comercial, y un fuerte competidor para la construcción de soluciones como la expuesta en este proyecto de grado.
- De acuerdo a los requerimientos funcionales y no funcionales se realizo el diseño, construcción y documentación de la solución informática para la publicación de la infraestructura física de la Universidad Central, el diseño empleo criterios de programación orientada a objetos, patrones, bases de datos relacionales, integración con información raster y vectorial, interactividad mejorada del usuario a través de AJAX, y las respectivas políticas de seguridad y acceso a la información.
- El área de comunicaciones de la Universidad Central dispuso un servidor para instalar y poner en servicio la solución de mapa interactivo universitario,



incluyendo un acceso al sistema a través de la intranet de la universidad, también dispuso de un ingeniero de sistemas para el soporte y mantenimiento de la misma, lo cual a mediano plazo garantiza el funcionamiento y actualización de la información que publica la aplicación.

## **7.2 RESULTADOS**

Como resultado de la investigación, se ha encontrado una gran variedad de herramientas, que permiten ser integradas para construir soluciones como el mapa interactivo de la universidad central, tanto soluciones comerciales, de software privativo y las más innovadoras como los son las herramientas de software libre, con las que se ha desarrollado este proyecto.

Para el modulo de administración, se utilizo el Swing Application Framework de Java, aun cuando es un framework que en teoría permite agilizar el desarrollo de aplicaciones de escritorio, se encontraron con muchas teorías innovadoras que requirieron de un gran esfuerzo y dedicación para lograr que funcionaran de acuerdo a los requerimientos del proyecto, desarrollo orientado a objetos, considerando ciclo de vida de los componentes, también se implemento TopLink como solución para el manejo de la persistencia de los datos, tanto en la herramienta de administración como en el modulo web para los clientes, esta es una herramienta liberada por Oracle y cuenta con gran participación de el proyecto Eclipse.

A nivel del cliente web, se utilizo una herramienta RIA (Rich Internet Applications), ZK es un framework que ofrece desarrollar interfaces web Ajax sin necesidad de java script, incluye una gran variedad de componentes, como etiquetas, botones,

campos de texto, combobox, arboles, etc. muy similar a los componentes de swing en java, estos objetos se puede extender como objetos java, e integrarse fácilmente con otros frameworks, aquí también se utilizo TopLink para la persistencia de los datos. Pero este es uno de muchos frameworks que podemos encontrar en el mercado, tecnologías probadas como php, adf, jfs, jsp, el mismo java script y la base de todos html, permiten construir cualquier solución siempre y cuando se realice un buen diseño para la solución.

En cuanto al motor de base de datos, se escogió PostgreSQL por su modulo para datos espaciales PostGIS, este motor tiene varios años en el mercado y es la base de grandes proyectos como el sistema de salud de Canadá, el mismo proyecto OpenStreetMaps y muchos otros, la lista es bastante larga, es un motor robusto, escalable y con las ventajas de ser software libre, para este tipo de proyectos existen alternativas a nivel comercial como Oracle y SQL Server, no se desconocen sus ventajas y desde luego sus desventajas, pero dado que el objetivo del proyecto era construir una solución viable en el tiempo para la universidad, aprovechando las herramientas de software libre, se consideraron las más estables y con una gran comunidad que respaldara tanto a nivel de desarrollo, como a nivel de usuario el aprovechamiento de las mismas.

Como un gran resumen, de los logros obtenidos en este proyecto, se puede decir que es un ejemplo para los estudiantes de ingeniería de sistemas de la universidad central, y para otras universidades del país, el poder generar ideas viables y con usabilidad para la comunidad académica, que permiten demostrar la calidad y creatividad de los profesionales nacionales y que la ingeniería de sistemas tiene un gran camino por recorrer a nivel de investigación y desarrollo.

Los módulos diseñados y construidos son:

- **Modulo Administrador**

Este modulo permite la administración de la información alfanumérica asociada a los elementos espaciales y que no se encuentra en ningún otro sistema. Es una aplicación de escritorio que utiliza sistemas de autenticación para garantizar la seguridad de los datos, es una aplicación cliente-servidor desarrollada completamente en Java lo que garantiza la portabilidad sobre cualquier sistema operativo que disponga de una maquina virtual java.

- **Modulo Cliente Web**

Este modulo es la interfaz para todos los usuarios a través de un navegador web que soporte java script, está diseñado utilizando el patrón MVC (Modelo Vista Controlador), el cual integra un mapa de visualización y consulta de la información alfanumérica asociada a cada uno de los componentes gráficos especializados, que utilizan sistemas de proyección internacional que le permite consumir cualquier servicio de mapas comercial y gratuito como base de referencia.

### 7.3 RECOMENDACIONES

Aprovechando la experiencia y el enfoque de este proyecto, a futuro se pueden desarrollar múltiples proyectos, la integración del componente espacial es muy importante y continuo aumentando el auge sobre todo en dispositivos móviles, que cuentan con dispositivos como GPS.

Como mejoras a este proyecto y aprovechando las ventajas del software libre, se pueden hacer las siguientes mejoras:

- Integrar el modulo administrador a gvSIG, permitiendo al usuario crear los elementos vectoriales e inmediatamente alimentar los atributos desde la misma interfaz gráfica de usuario.
- Crear un componente que permita integrar de forma directa OpenLayers al framework de ZK.
- Aprovechar el framework de ZK Mobile, para crear una versión móvil de la solución de mapas interactivos.
- Construir un modulo de rutas, para permitir a los usuarios realizar consultas de cuál es la ruta más corta entre dos puntos, o entre las diferentes sedes.
- Integrar la especialización a los horarios de los estudiantes, de tal forma que cuando el alumno consulte su horario de materias, puede conocer en que sitio tiene sus clases o prácticas de laboratorio.
- Implementar WFS-T para la edición y adición de elementos vectoriales y sus atributos a través de internet, como herramienta administrativa de la plataforma.

## **BIBLIOGRAFIA**

BANDEL David, NAPIER Robert, Edición Especial Linux 6a Edición, Pearson Educación, Madrid 2001, 1016 p.

BRUCE Eckel, Piensa en Java 4a Edición, Pearson Educación, Madrid 2007, 1004 p.

DEITEL Paul, DEITEL Harvey, Como Programar en Java 5ª Edición, Pearson Educación, México 2004, 1268 p.

KEITH Mike, SCHINCARIOL Merrick, Pro EJB 3 Java Persistence API The definitive guide to developing applications with the new standard for enterprise Java persistence, Apress, USA 2006, 452 p.

LAKE Ron, The hitchiker's guide to the new web mapping, GeoEurope, marzo 2001, 10, numero 2, pag 32 a 35.

LARMAN Craig, UML y Patrones. Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado Segunda Edición, Pearson Educación, Madrid 2003, 624 p.

LIMP Fred, User Needs Drive Web Mapping Product Selection, GeoEurope, 10, numero 3, pag. 40 a 46.

LOPEZ José, Domine JavaScript, Alfaomega 2ª Edición, México 2007, 640 p.

MANOLOPOULOS Yannis, Spatial Databases: Technologies, Techniques and Trends, Idea Group Publishing, USA 2005, 340 p.

MARTIN Robert C, UML para programadores Java, Pearson Educación, Madrid 2004, 272 p.

MATEU Carles, Desarrollo de Aplicaciones Web, Universidad Abierta de Cataluña, 2004.

MATTHEW Neil, STONES Richard, Beginning Databases with PostgreSQL From Novice to Professional Second Edition, Apress, USA 2005, 637 p.

MOMJIAN Bruce, PostgreSQL Introduction and Concepts, Addison Wesley, 2001, 462 p.

OBE Regina O, HSU S. Leo, PostGIS in Action, Manning Publications, 2010.

PRESSMAN Roger, Ingeniería del Software Un enfoque práctico 6ª Edición, Mc Graw Hill, México, 958 p.

RODRIGUEZ M. Andrea. Spatial Database 2008.

RUMBAUGH James, JACOBSON Ivar, BOOCH Grady, El lenguaje unificado de modelado. Manual de Referencia, Pearson Educación, Madrid 2000, 552 p.

SABANDO GRASA Carlos, Web del Sistema de Información territorial de Navarra (SITNA), Ponencia del congreso Territorial 2000, Gobierno de Navarra, Pamplona, 2000, (<http://www.cfnavarra.es/territorial2000/PONENCIAS/Sabandoc.PDF>)

SCHUMACHER Hans, STAUBLE Markus, ZK Developer's Guide Developing responsive user interfaces for web applications using AJAX, XUL, and the open-source ZK rich web client development framework, Packt Publishing, Birmingham UK, 2008.

SOMMERVILLE Ian, Ingeniería del Software 7ª Edición, Pearson Educación, Madrid 2005, 712 p.

Tomlinson Roger, Pensando en el SIG 3 Edición, ESRI Press, California 2007, 257 p.

Wikipedia, Definición de gvSIG, (<http://es.wikipedia.org/wiki/GvSIG>)

Wikipedia, Modelo Vista Controlador, ([http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_Vista\\_Controlador](http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_Vista_Controlador))

YEUNG Albert K, Spatial Database Systems, Design, Implementation and Project Management, Springer, Netherlands 2007, 553 p.