



Certificación ISO 9001:2008 ‡

SISTEMA PARA TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL VÍA WEB PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LOS DATOS QUE INTEGRAN EL SIGET 2.0

Elsa María Morales Bautista
Miguel Ángel Backhoff Pohls
Juan Carlos Vázquez Paulino
Jonatan Omar González Moreno

**Publicación Técnica No. 469
Sanfandila, Qro. 2016**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**SISTEMA PARA TRANSFERENCIA DE
INFORMACIÓN GEOESPACIAL VIA WEB
PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LOS DATOS
QUE INTEGRAN EL SIGET 2.0**

**Publicación Técnica No. 469
Sanfandila, Qro. 2016**

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Ingeniería Portuaria y Sistemas Geoespaciales por la M.S.I. Elsa María Morales Bautista en colaboración con el M. en Geog. Miguel Ángel Backhoff Pohls, Jefe de la Unidad de Sistemas de Información Geoespacial, el Lic. Juan Carlos Vázquez Paulino y el M. en C. Jonatan Omar González Moreno investigadores de la misma unidad.

Contenido

Resumen	iv
Abstract	vi
Resumen ejecutivo	viii
Introducción	1
Capítulo 1 Antecedentes	3
1.1 Sistemas de Información Geográfica vía Web	3
1.2 Software manejador de bases de datos espaciales	6
1.3 Software servidor de datos geoespaciales	8
Capítulo 2 Desarrollo del sistema	11
2.1 Determinación de requerimientos	11
2.2 Herramientas de software y hardware	12
2.3 Diseño y desarrollo del sistema de transferencia de datos geográficos	13
2.3.1 Requerimientos de funcionalidad	13
2.3.2 Diagrama general de funcionalidad	14
2.3.3 Descripción de los datos que integran la base de datos central	14
2.3.4 Diseño de la interfaz de usuario	15
2.3.5 Carga y transferencia de información	17
2.3.6 Visualización de datos a través de Geoserver	18
2.3.6.1 Crear espacio de trabajo en Geoserver	18

2.3.6.2	Crear un almacén de datos en Geoserver	19
2.3.6.3	Publicación de capas de datos en Geoserver	23
2.4	Pruebas de desempeño	28
Capítulo 3	Conclusiones	33
Bibliografía		

Resumen

En el presente trabajo se describen las principales etapas de diseño y desarrollo de un sistema que facilita la incorporación de nuevos datos a los sistemas de información geográfica y bases de datos existentes en el Instituto Mexicano del Transporte. Dicha actualización de información resulta ser un proceso lento, debido a que cuando se lleva a cabo la georreferenciación de datos, éstos se almacenan en su formato nativo (shape, .shp) y en el disco duro de la computadora, donde la mayoría de las veces solo se emplean para proyectos locales limitando el número potencial de usuarios.

Dentro de los principales beneficios que se tienen al contar con este desarrollo, es que se cuenta con una herramienta que permitirá actualizar de una forma ágil las bases de datos que integran el Sistema de Información Geoestadística para el Transporte 2.0 (SIGET 2.0). Dicho sistema permite transferir estos datos a un servidor, validarlos e incorporarlos a una base de datos oficial y ponerlos a disposición de un mayor número de usuarios a través de las aplicaciones de visualización que ofrece un SIG vía Web.

Abstract

In this paper the main stages of design and development of a system that facilitates the incorporation of new data to the geographic information systems and existing databases at the Mexican Institute of Transport are described. Such updating of information turns out to be a slow process, because when carrying out geo-referenced data, they are stored in their native format (shape, shp) and on the hard drive of the computer, where most sometimes only used for local projects by limiting the number of potential users.

Among the main benefits have to have this development is that it has a tool which will update in an agile databases that make up the Geostatistics Information System for the Transport 2.0 (SIGET 2.0 by its Spanish acronym). This system allows you to transfer this data to a server, validate and incorporate a formal database and make them available to a larger number of users through visualization applications offered via Web GIS.

Resumen ejecutivo

El desarrollo del proyecto se realizó en tres fases. La primera comprendió las actividades relativas a la documentación y búsqueda bibliográfica relacionada con el proyecto, principalmente para apoyar las tareas de creación de la estructura de bases de datos vía Web, la cual fue utilizada para el almacenamiento de los datos que serán enviados por los distintos usuarios del sistema. Mediante la documentación también se apoyaron las tareas de identificación de los requerimientos informáticos, así como la instalación y configuración del software necesario para el desarrollo del proyecto.

En la segunda fase se realizó el acopio y organización de información geográfica base, así como la estructuración de la base de datos inicial a partir de la cual se diseñó el sistema de transferencia.

En cuanto a la información utilizada, además de la que ya se encuentra integrada en el SIGET, se identificó la información geoestadística del transporte disponible para publicar en Internet, siendo información correspondiente al estado de Querétaro, de manera particular, para llevar a cabo las pruebas iniciales.

El software utilizado como manejador de bases de datos fue PostgreSQL. En esta fase también se realizaron las tareas de programación del sistema de transferencia de datos utilizando el lenguaje de programación PHP.

La tercera fase correspondió a la etapa en la que se llevaron a cabo las pruebas de desempeño del sistema desarrollado, mismas que se realizaron de manera local. Se contempla poner el sistema a disposición de los usuarios potenciales a través de la página web del IMT, inicialmente sólo a un número limitado, con el objetivo de recibir retroalimentación y documentar la funcionalidad desde la perspectiva del usuario.

Introducción

Un Sistema de Información Geográfica Web, SIG Web, es el instrumento mediante el cual se da la integración y el acceso a los datos geoespaciales a los usuarios finales. Las ventajas de emplear este tipo de herramientas, respecto a otros sistemas tradicionales, se sustenta en la posibilidad de acceder a él desde cualquier plataforma o sistema tanto para la edición como para la consulta de los datos disponibles. La utilización de un modelo de integración SIG-base de datos objeto-relacional posibilita un almacenamiento bien estructurado, añadiendo funcionalidades de análisis espacial, a la vez que posibilita trabajar con el concepto de dimensión espacial de los objetos almacenados. La arquitectura física sobre la que se sustenta el SIG Web propuesto, consta de un servidor basado en Windows, un servidor web basado en Apache, Geoserver como servidor de mapas geoespaciales y OpenLayers para el desarrollo de clientes e interfaces, se emplea PostgreSQL con la extensión espacial PostGIS como gestor de bases de datos (DBMS) con capacidades objeto-relacionales que posibilitan la integración de características espaciales en la base de datos relacional. Como producto final se ha creado un portal web de acceso a la información para visualización, carga, edición básica, así como extracción de datos, desde un visualizador espacial en función de los permisos concedidos a los usuarios.

Un SIG Web da solución tanto a las necesidades de los usuarios que manejan la información obtenida en campo, así como a la ya disponible en diversas fuentes externas y permite el acceso para la consulta de la información, desde cualquier punto a través del internet, tanto para la visualización, introducción, edición, extracción y análisis de los datos. Por otro lado, el sistema ofrece la posibilidad de poder manejar la información y analizarla con herramientas específicas sin necesidad de disponer de ellas como un software instalado en sus equipos, de tal forma que ahorra tiempo no solo en la gestión de los datos, sino también en la gestión de toda la red. Un beneficio de esta situación es que de este modo el usuario ya no tiene que disponer de sistemas operativos y aplicaciones de software específicos en sus equipos, al mismo tiempo que representa un mejor aprovechamiento de los recursos económicos al no tener que invertir altas cantidades de dinero en licenciamiento. El sistema es, pues, el encargado de gestionar los datos y aplicaciones de manera centralizada, mientras que el usuario tan solo debe preocuparse por el aprendizaje y adopción de estas interfaces y herramientas y el uso de los datos almacenados.

1 Antecedentes

1.1 Sistemas de información geográfica vía Web

Hoy en día en el área de los Sistemas de Información Geográfica, Internet es una de las herramientas tecnológicas que permite utilizar los datos de manera más eficiente al facilitar el acceso a un gran número de aplicaciones que facilitan el acceso a datos almacenados en distintos servidores remotos de acuerdo al tipo de organización. A estos sistemas y aplicaciones se les ha dado el nombre de SIG Web, en los cuales se integran todos los datos geoespaciales de interés para la organización, mismos que pueden provenir de las más diversas fuentes y formatos lo cual representa una de las principales ventajas de un SIG Web al lograr estandarizar la información en un ambiente centralizado que facilita el acceso y satisface el requerimiento del usuario final.

En un SIG Web, la información es depositada en una base de datos geoespacial corporativa que estará accesible directamente a lo largo que toda la organización. Dicho acceso puede hacerse mediante las herramientas de software adecuadas, tales como software SIG de escritorio o mediante otros tipos de software traductores o transformadores de formatos, por medio de los cuales se pueda trabajar la información en sistemas que no resulten compatibles y al final del proceso integrar los resultados a la base de datos. Para una gran mayoría de usuarios que no requieren de llevar a cabo análisis, proceso o transformación de los datos, un visualizador web que puede ser accedido mediante un navegador Web será suficiente.

Dentro de los prerequisites esenciales para una operación eficiente de un SIG Web se encuentran la definición de un adecuado modelo de datos y una base de datos geoespacial planeada para cubrir los propósitos de la organización y del SIG mismo. La definición de un modelo de datos universal permitirá tanto la importación y transformación de datos para poder emplearlos con cualquier sistema y la capacidad de selección y extracción del contenido de los datos con el mínimo esfuerzo, así como modificaciones al modelo que llevarán al sistema a presentar los datos al usuario final en la forma como éste ha realizado la solicitud.

En lo que se refiere a la tecnología empleada para integrar un SIG Web existen cada vez un mayor número de herramientas de software comercial y soluciones basadas en software *open source* o de código abierto. Resulta de particular interés enumerar los aspectos en los cuales utilizar software *open source* beneficia a la organización cuando se implementa un SIG Web. El primero de ellos es la confiabilidad, que en desarrollo de software implica la ausencia de defectos que

causan la incorrecta operación, pérdida de información o fallos repentinos y que generalmente se conocen como *bugs*. Gracias a que el mantenimiento del software *open source* lo realizan grupos de desarrollo en trabajo permanente cuando se presenta algún problema, la identificación y resolución se lleva a cabo en cuestión de horas. Respecto a la estabilidad, los desarrollos *open source* tienden a cumplir muy estrechamente los estándares aceptados lo cual implica cambios de forma lenta y poco drástica. Dentro de los beneficios más notables se encuentra el posible precio de compra igual a cero, además de que no existe la necesidad de pago por copias o licencias de uso lo cual reduce el costo administrativo.

Un SIG Web ofrece varias herramientas y métodos para poder visualizar, disponer y manejar los datos, mismos que pueden ser brindados a través de servicios de mapas conocidos como Web Map Services (WMS) o Web Feature Services (WFS) los cuales, a su vez, representan un estándar para la publicación de servicios Web que permiten la interoperabilidad entre distintas plataformas de software. Como ejemplo se puede mencionar un WMS publicado con el Software ArcGIS Server que puede ser consumido no sólo por los productos ESRI (casa desarrolladora del software), sino también por otras aplicaciones como Google Earth, NASA World Wind, Open Layers, entre otros. En estas aplicaciones, las cuales pueden ser nombradas clientes, se configuran de manera específica los parámetros que se envían al solicitar el servicio de manera que la respuesta se espera en un determinado formato para poder procesarla.

WMS

Un servicio WMS produce mapas de datos referenciados espacialmente de forma dinámica a partir de información geográfica.

Un WMS permite solicitar y servir mapas sobre Internet. Los mapas que se producen por un WMS se despliegan generalmente en un formato de imagen como puede ser PNG, GIF o JPEG. En un servicio WMS se especifican las siguientes operaciones:

- **GetCapabilities:** Solicita los metadatos del servicio al servidor. Los metadatos, los cuales están en formato XML, describen el título del servicio, el área que se cubre, las operaciones soportadas, las capas de datos y las propiedades de las capas, también el sistema coordinado, resumen y palabras clave, información de contacto de la entidad que genera el servicio y demás datos.
- **GetMap:** Realiza la solicitud del mapa al servidor. La solicitud incluye parámetros tales como las capas geográficas, el área de interés, el sistema coordinado de salida, las dimensiones del mapa de salida y el formato. La solicitud también puede especificar la capa de descriptores de estilo. La respuesta a esta solicitud usualmente es una imagen o conjunto de imágenes.

- *GetFeatureInfo*: Proporciona información de una ubicación en un mapa, los parámetros de solicitud son similares a los utilizados por *GetMap* además de que se agregan las capas donde se realizará la consulta y el formato del elemento que se recibirá como respuesta, el cual usualmente es en GML y puede incluir tanto coordenadas geográficas como atributos de las capas seleccionadas en una ubicación específica (FU, 2011).

Los servicios WMS actualmente son ampliamente usados por muchas organizaciones. Entre algunas de las instituciones que proporcionan dichos servicios en México se encuentran:

- INEGI
<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/serviciosweb/infogeografica.aspx>
- CONABIO <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- CENAPRED <http://132.248.68.83/portal/index.php/infogeo>
<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html>
- CONAGUA <http://siga.cna.gob.mx/serviciowms.aspx>

Existe un programa llamado GeoSUR el cual representa un punto de acceso a datos publicados por entidades latinoamericanas a través de servicios WMS. El link de acceso a este sitio es: <http://www.geosur.info/geosur/index.php/en/>

WFS

Un servicio WFS es un servicio Web para lectura y escritura de elementos geográficos en formato vectorial. Mediante un WFS, los clientes pueden ejecutar operaciones tales como insertar, actualizar, borrar y consultar datos de un elemento geoespacial que se encuentre residiendo en un servidor. En un WFS las principales operaciones son las siguientes:

- *GetCapabilities*: Solicita los metadatos del servicio. La respuesta es un archivo en formato XML que describe el servicio.
- *DescribeFeatuteType*: Solicita la estructura del tipo de elemento que el WFS soporta
- *GetFeature*: Entrega un elemento geográfico y sus atributos para ajustarlos a una consulta o filtro.
- *LockFeature*: Solicita al servidor bloquear uno o más elementos mientras dure una transacción.
- *Transaction*: Solicita al servidor crear, actualizar y borrar elementos geográficos (FU, 2011).



Figura 1.1 Estructura de un SIG vía Web

Fuente: www.esri.com

1.2 Software manejador de bases de datos geoespaciales

Una base de datos geoespacial es una base diseñada para almacenar, consultar y manipular información geográfica y datos espaciales. 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: puntos, líneas y polígonos. Los puntos se encuentran determinados por las coordenadas terrestres medidas por latitud y longitud. Por ejemplo, ciudades, accidentes geográficos puntuales, hitos. Las líneas, corresponden a 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. Los polígonos son figuras planas conectadas por distintas líneas u objetos cerrados que cubren un área determinada, como por ejemplo países, regiones o lagos (Backhoff, 2005).

PostgreSQL/PostGIS es un sistema gestor de bases de datos geoespaciales que facilita la interacción con el servidor de datos *Geoserver* y el cliente de *OpenLayers*. *PostgreSQL* es el encargado de gestionar la información almacenada de forma objeto relacional, de manera que sirve a partir de consultas SQL hechas por el usuario, la información es solicitada desde una aplicación Web.

Dentro de sus principales características se tienen la facilidad de organización en un conjunto de tablas interrelacionadas por datos comunes y consultables mediante lenguaje SQL. El complemento PostGIS agrega orientación a objetos (inclusión de datos abstractos: geometrías) siguiendo el estándar *Open Geospatial Consortium* (OGC). Este sistema gestor de bases de datos cuenta con arquitectura cliente/servidor lo cual permite el acceso a las bases de datos, recibir y enviar consultas desde el servidor.

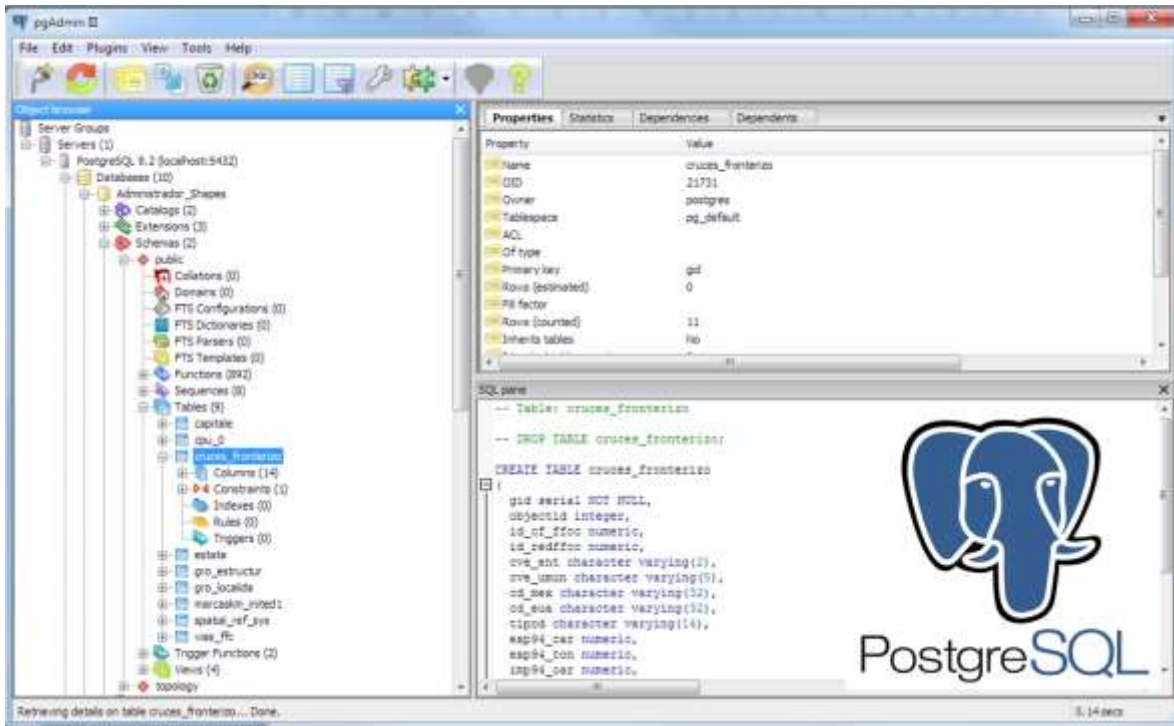


Figura 1.2 Interfaz y logo de PostgreSQL

Fuente: elaboración propia

1.3 Software servidor de datos geoespaciales

De la misma forma en la que es posible acceder a todo tipo de información a través de Internet o de una red local, también se puede utilizar esta misma red para acceder a datos e información geográfica y trabajar con ella dentro de un SIG. Para lograr lo anterior uno de los elementos tecnológicos que hacen posible el funcionamiento de servicios de mapas y cartografía a través de la Web es la arquitectura cliente – servidor.

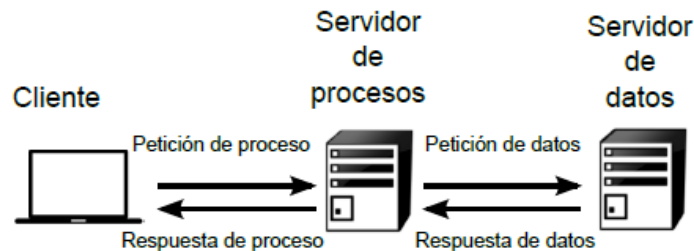


Figura 1.3 Arquitectura cliente - servidor

Fuente: Olaya, 2014

En la arquitectura cliente – servidor, un número variable de clientes se conectan a un servidor del cual obtienen una serie de datos cuando éste responde a las peticiones y presentan mayor número de funcionalidades. Las capacidades principales que pueden proveer los servidores de datos geoespaciales se dividen en los siguientes grupos:

- **Mostrar los datos en forma de representación:** Los servicios de cartografía Web desde sus orígenes, son principalmente gráficos por lo que una aplicación Web servida a través de un servidor de datos geoespaciales mostrará algún tipo de imagen con un mapa formado a partir de una serie de datos geográficos a los que tiene acceso el servidor. Cuando los datos de que se trate ya son imágenes, por ejemplo, imágenes de satélite u ortofotos, la forma como servirá este tipo de información al cliente será transmitiendo una versión escalada para poder ser representadas en la pantalla del cliente.
- **Servir los datos directamente.** En esta opción, el servidor provee directamente los datos geográficos y posteriormente el cliente o usuario los utiliza de acuerdo a su necesidad o requerimiento específico.
- **Servir consultas.** Este tipo de capacidad tiene que ver con la respuesta que puede ofrecer el servidor a preguntas o consultas realizadas por el cliente relativas a los datos ya sea en su parte espacial o en la componente temática. Como respuesta, el servidor puede ofrecer conjuntos reducidos

de los datos de los que dispone o valores que describen a estos. La utilidad de las consultas reside en la posibilidad de establecer filtros cuando se dispone de un conjunto amplio de orígenes de datos.

- Servir procesos. Un servidor de datos geoespaciales puede ofrecer nuevos datos, espaciales o no espaciales, resultantes de algún tipo de proceso o cálculo a partir de datos espaciales. El cliente define los parámetros de entrada para realizar el proceso. En ciertos casos, el cliente puede proporcionar los datos, mismos que se incorporan a la petición al servidor o dichos datos pueden residir en el servidor, el cual debe ofrecer además una herramienta que permita explotarlos (Olaya, 2014).

Como software servidor de datos geoespaciales, dentro de las principales opciones, tanto por su capacidad como por la característica de ser software *opensource* se encuentra *Geoserver*, el cual es un software de servidor basado en Java que permite a los usuarios ver y editar datos geoespaciales usando estándares abiertos de la OGC (*Open Geospatial Consortium*). Es un software servidor de datos geoespaciales que permite una gran flexibilidad en la creación de mapas y en la compartición de datos, así como también permite mostrar información espacial al mundo. Implementando el estándar *Web Map Service* (WMS). *GeoServer* puede crear mapas en una variedad de formatos de salida. *OpenLayers* es una librería de cartografía libre, está integrada en *GeoServer*, haciendo la generación de mapas más rápida y fácil. *GeoServer* está construido con *GeoTools*, una herramienta SIG de Java. Mediante este software es posible mostrar datos en cualquiera de las populares aplicaciones de cartografía como *Google Maps*, *Google Earth*, y *Microsoft Virtual Earth*, así como también se puede tener conexión con las tradicionales arquitecturas de SIG comercial tales como ESRI ArcGIS, Autodesk e *Integrgraph*.

2 Desarrollo del sistema

2.1 Determinación de requerimientos

Se determinaron los siguientes requerimientos generales, los cuales se tomaron como base, para llevar a cabo el diseño tanto funcional como gráfico del sistema.

- Usuarios potenciales: Personal de campo de los centros SCT¹ y demás organismos relacionados con administración de información del sector transporte, relacionados o no con la SCT.
- Cómo se empleará el sistema: Por la funcionalidad objetivo, el usuario empleará el sistema para visualizar y transferir información geográficamente referenciada del transporte en formato *shapefile*² (shp).
- Requerimientos mínimos de hardware: Computadora o PC con acceso a internet y navegador Web instalado (Firefox, Chrome, Explorer, etc.).

Los elementos del sistema son los siguientes:

- Acceso a usuarios vía Web.
- Consulta de datos almacenados en una base de datos centralizada.
- Transferencia de datos (*shapefiles*) mediante la herramienta creada para tal fin.
- Almacenamiento de los datos transferidos en una base de datos temporal.
- Validación de datos transferidos
- Integración de la información a la base de datos central

¹ Los Centros SCT son las representaciones de la Secretaría en cada uno de los Estados que integran la Federación. Su misión es la de contribuir al desarrollo de los sistemas de comunicaciones y transportes en la entidad federativa, ejecutando y promoviendo los programas institucionales con seguridad, eficiencia y calidad, para el bienestar económico, social y cultural, con respecto al medio ambiente, al marco legal y ético.

² Un *shapefile* es un formato de almacenamiento de datos vectoriales de ESRI para almacenar la ubicación, la forma y los atributos de las entidades geográficas. Se almacena como un conjunto de archivos relacionados.

- Visualización de la información de transporte georreferenciada a través de una aplicación de mapas vía Web.

2.2 Herramientas de software y hardware

En esta sección se describen brevemente las herramientas de software y hardware que se emplearon para el desarrollo del sistema. En cuanto al software, se integraron una serie de herramientas informáticas necesarias para realizar tareas desde programación hasta la publicación de los datos vía Web. A continuación se lista el software empleado:

- **Java.** Es un lenguaje de programación y una plataforma informática el cual una vez instalado en una computadora permite y facilita la ejecución de aplicaciones y sitios Web (Oracle, 2015). Para el presente proyecto, es un requerimiento del software *Tomcat*.
- **Tomcat.** Es un servidor web el cual permite hospedar y servir sitios web y otras aplicaciones Java.
- **GeoServer.** Software *open source* o de código abierto que permite compartir datos geoespaciales en Internet. Debido a que su diseño fue pensado para ser totalmente interoperable, hace posible que se puedan publicar datos de diversas fuentes y formatos gracias al empleo de estándares internacionales (OSGF, 2015).
- **PostgreSQL / PostGIS.** Es un sistema de gestión de bases de datos objeto – relacional, distribuido bajo licencia BSD y su código fuente es de libre acceso. Sus características técnicas la hacen una de las bases de datos más potentes y robustas del mercado (PostgreSQL-es, 2015).

También se emplearon herramientas como: OpenLayers 3, JavaScript y HTML.

En la descripción de las herramientas de hardware utilizadas, se incluyen básicamente las características de los equipos de cómputo que fueron empleados para llevar a cabo el desarrollo, así como para realizar pruebas de desempeño:

Tabla 2.1 Descripción de campos de la tabla “Infraestructura”

	Computadora de escritorio	Equipo portátil, laptop
Modelo	Dell Optiplex 980	HP Probook 6470b
Procesador	Intel ® Core™i7 CPU 870@ 2.93GHz	Intel ® Core™i5 – 3320M CPU @ 2.60GHz
Memoria RAM	4 GB	8 GB
Sistema operativo	Windows 7 Profesional SP1	Windows 7 Profesional SP1
Tipo de sistema	64 bits	64 bits

2.3 Diseño y desarrollo del sistema de transferencia de datos geográficos

2.3.1 Requerimientos de funcionalidad

El sistema deberá permitir a los usuarios de las entidades y organismos operativos de la SCT la visualización de la información existente en la base de datos desde un navegador Web.

El sistema deberá permitir la carga y transferencia de datos geográficos para su almacenamiento en la base de datos central del SIG Web.

Proceso de carga y transferencia de datos:

Introducción	Carga de datos a la base de datos.
Entradas	Se ingresan los archivos para cargar a la base de datos.
Procesos	Se convierten los archivos y se guardan en la base de datos.
Salidas	Muestra un mensaje si los archivos han sido guardados satisfactoriamente.
Error	Envío de mensaje de error si no se guardaron los datos en la base de datos.

Seguridad. Los usuarios necesitarán de un nombre de usuario y contraseña para poder acceder a algunas secciones, además de que dichos usuarios tendrán mayores privilegios que otros al momento que se requiera modificar.

El servidor donde se almacene la información estará ubicado en un área restringida donde no podrá acceder personal no autorizado.

2.3.2 Diagrama general de funcionalidad

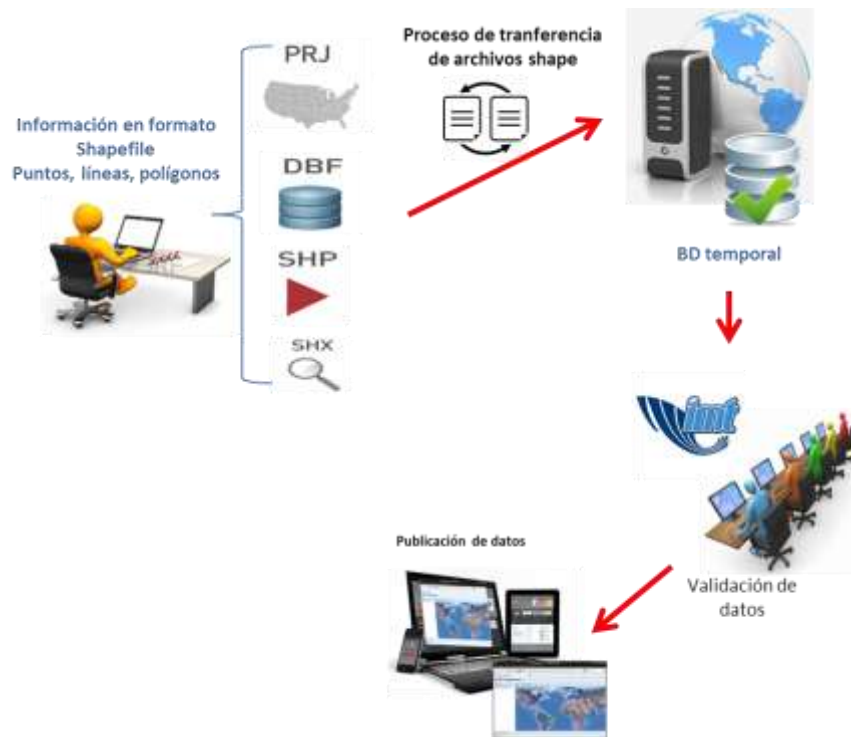


Figura 2.1 Diagrama de funcionalidad del sistema

Fuente: elaboración propia

2.3.3 Descripción de los datos que integran la base de datos central

El SIGET 2.0 se constituyó como la propuesta del IMT para servir de repositorio de datos geoespaciales de la Subsecretaría de Infraestructura (SI), diseñado conforme a sus necesidades con información existente al interior de la misma. Uno de sus objetivos es satisfacer las necesidades de la SI y sus direcciones generales en cuanto al uso de datos geoespaciales, manteniéndolos estandarizados y concentrados en un repositorio único.

El SIGET 2.0 almacena los siguientes conjuntos de datos:

- Red carretera nacional.
- Corredores carreteros.
- Red carretera básica.
- Rutas carreteras.

- Casetas de cobro.
- Puentes.
- Cruces fronterizos para autos.
- Centros SCT.
- Marcas de kilometraje.
- Datos viales.
- Proyectos estratégicos 2010.
- Índice de rugosidad internacional (IRI).
- Deflexiones.
- Accidentes de tránsito.
- Bancos de material.
- Áreas naturales protegidas.
- Regiones terrestres prioritarias.
- Estaciones de ferrocarril.
- Vías de ferrocarril.
- Cruces fronterizos de ferrocarril.
- Aeropistas.
- Aeropuertos.
- Puertos.
- Capitanías de puertos.
- Límites internacionales.
- Estados.
- Municipios.
- Nombres geográficos.
- Inventario de localidades.
- Áreas urbanas.
- Localidades rurales.
- Localidades conectadas a la red carretera.
- Curvas de nivel.
- Rangos de altitud.
- Pendientes de terreno.
- Ríos.
- Cuerpos de agua.

2.3.4 Diseño de la interfaz de usuario

Se creó la sección de acceso por parte de los usuarios al sistema, de manera que sólo personal previamente autenticado y autorizado pueda ingresar información a la base de datos:

Login de usuario: La sección de login de usuario permite realizar la identificación de usuario, este módulo cuenta con campos para ingresar el usuario y la contraseña y al dar click en el botón Entrar se realizará la validación del usuario

para ver si existe en la base de datos y así brindar acceso a los recursos disponibles.



Formulario de ingreso al sistema con los siguientes elementos:

- Etiqueta "Usuario:" a la izquierda de un campo de texto que contiene el texto "Ingresa usuario".
- Etiqueta "Contraseña:" a la izquierda de un campo de texto vacío.
- Botón "Entrar" de color verde.
- Botón "limpiar" de color verde.

Figura 2.2 Sección de ingreso al sistema

Fuente: elaboración propia

Listado de usuarios: En esta parte se muestra la lista que contendrá la información de los usuarios registrados en el Sistema, además tendrá opciones para agregar, modificar o eliminar usuario del sistema.



Panel de Administración de usuarios

Formulario de registro:

- Botón "Agregar Nuevo Usuario" con un ícono de plus.
- Campo "ID" con un ícono de lupa.
- Campo "NOMBRE" con un ícono de lupa.
- Campo "APELLIDO" con un ícono de lupa.
- Botón "BUSCAR".

ID	PRIMER	NOMBRE	APPAT	APMAT	EMAIL	AREA	CONTRASEÑA	Opciones
								 

Universidad de Córdoba - 110211 Desde enero de 2016

Figura 2.3 Sección de listado de usuarios

Fuente: elaboración propia

Registrar usuarios: Sección para el registro de usuarios el cual permitirá al administrador del sistema, a través de un formulario de datos, ingresar nuevos usuarios para que puedan tener acceso a la información de la base de datos.

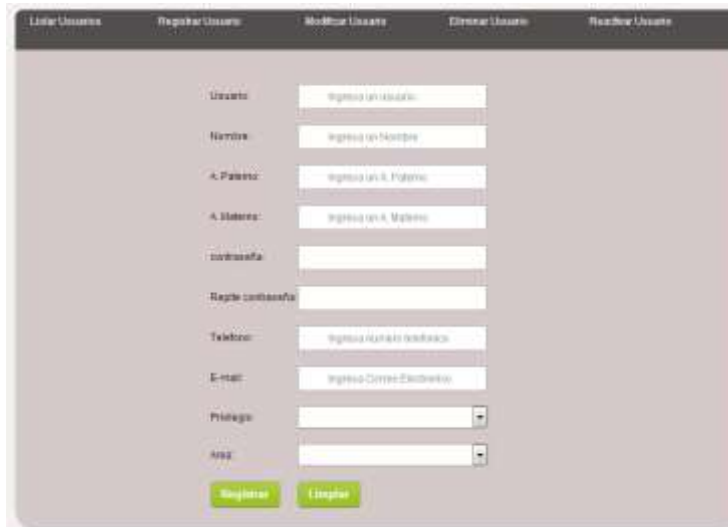
The image shows a web application interface for user registration. At the top, there is a navigation bar with five tabs: 'Listar Usuarios', 'Registrar Usuario', 'Modificar Usuario', 'Eliminar Usuario', and 'Reservar Usuario'. The 'Registrar Usuario' tab is active. Below the navigation bar is a registration form with the following fields: 'Usuario' (with a placeholder 'ingresa un usuario'), 'Nombre' (with a placeholder 'ingresa un nombre'), 'A. Padres' (with a placeholder 'ingresa los A. Padres'), 'A. Direccion' (with a placeholder 'ingresa un A. Direccion'), 'Contraseña' (with a placeholder 'ingresa un A. Direccion'), 'Repite contraseña', 'Telefono' (with a placeholder 'ingresa número telefónico'), 'E-mail' (with a placeholder 'ingresa Correo Electrónico'), 'Privilegio' (a dropdown menu), and 'Area' (a dropdown menu). At the bottom of the form are two green buttons: 'Registrar' and 'Cancelar'.

Figura 2.4 Formulario para registro de usuarios

Fuente: elaboración propia

2.3.5 Carga y transferencia de información

Se creó mediante lenguaje de programación PHP el código que permite ingresar, vía Web, información geográfica en formato *shape*. Para realizar la carga de datos son necesarios tres pasos. El primero de ellos es elegir los archivos en formato *shape* que se ingresarán a la base de datos. Posteriormente, se listan los archivos que serán transferidos y que conforman el *shape* y el último paso corresponde a la transferencia de los datos misma que se activa cuando el usuario hace clic en el botón "Subir a la base de datos"

En la figura 2.5 se muestra el botón carga de archivos mediante el cual se eligen los archivos que se integrarán a la base de datos. Un archivo *shapefile* está integrado de, al menos, cuatro archivos independientes en los cuales se almacenan los atributos tanto geográficos como tabulares de las entidades geográficas según el tema del que se trate la información. Las extensiones de los archivos que será posible transferir mediante la herramienta son: *.dbf*, *.prj*, *.shp* y *.shx*. El botón carga de archivos permite agregar archivo por archivo, es decir, un archivo a la vez.



Figura 2.5 Sección para carga y transferencia de archivos shapefiles

Fuente: elaboración propia

2.3.6 Visualización de datos a través de Geoserver

Una vez lograda la transferencia de los datos, mismos que se almacenan en la base de datos de *PostgreSQL*, es posible pre visualizarlos gráficamente mediante el software *Geoserver* mismo que además permitirá su publicación vía Web. Para lograr lo anterior es necesario realizar una serie de pasos y configuraciones de manera que *Geoserver* se conecte a la base de datos donde fue alojada la información. A continuación se describen las tareas previas a la publicación de una capa de datos. Este proceso lo lleva a cabo el administrador de *Geoserver* y de la base de datos por lo que sólo es ilustrativo para el usuario final.

2.3.6.1 Crear espacio de trabajo en Geoserver

Para crear un espacio de trabajo en *Geoserver* es necesario acceder al servidor y desde un navegador Web ingresar a la url: <http://ipdeservidor/geoserver/web>. Para acceder al software se requiere contar con los datos de la cuenta de administrador de *Geoserver*.



Figura 2.6 Interfaz principal de Geoserver

Fuente: elaboración propia



Figura 2.7 Sección para crear espacios de trabajo

En la ventana “Nuevo espacio de trabajo” se ingresa la información del nuevo espacio de trabajo que se desea crear, en el “Name” se ingresa el nombre que se desea dar al nuevo espacio de trabajo y en el “URI del espacio de nombre” se coloca la url desde donde se podrá consumir los WMS para su visualización con *OpenLayers 3*.

2.3.6.2 Crear un almacén de datos en Geoserver

Para llevar a cabo el proceso de publicación de datos y que éstos se encuentren disponibles vía Web, se requiere indicar a *Geoserver* la ruta donde se localizan

almacenados, es decir, la base de datos geoespacial o ubicación física de los archivos en su formato original.



Figura 2.8 Sección que lista almacenes de datos

Fuente: elaboración propia

GeoServer permite crear almacenes de datos de orígenes variados. El origen de los datos que se manejan en el sistema es una base de datos en *PostgreSQL/PostGIS*.




Nuevo origen de datos

Seleccione el tipo de origen de datos que desea configurar

Orígenes de datos vectoriales

-  Directory of spatial files (shapefiles) - Takes a directory of shapefiles and exposes it as a data store
-  PostGIS - PostGIS Database
-  PostGIS (JNDI) - PostGIS Database (JNDI)
-  Properties - Allows access to Java Property files containing Feature information
-  Shapefile - ESRI(tm) Shapefiles (*.shp)
-  Web Feature Server (NG) - Provides access to the Features published a Web Feature Service, and the ability to perform transactions on the server (when supported / allowed).

Orígenes de datos raster

-  ArcGrid - Arc Grid Coverage Format
-  GeoTIFF - Tagged Image File Format with Geographic information
-  Gtoto30 - Gtoto30 Coverage Format
-  ImageMosaic - Image mosaicking plugin
-  WorldImage - A raster file accompanied by a spatial data file

Otros orígenes de datos

-  WMS - Configura un Web Map Service en cascada

Figura 2.9 Opciones para la creación de un origen de datos

Fuente: elaboración propia



The screenshot shows the 'New Data Store' configuration interface in GeoServer. The left sidebar contains a navigation menu with categories: Datos (Previsualización de capas, Espacios de trabajo, Almacenes de datos, Capas, Grupos de capas, Estilos), Servicios (WCS, WFS, WMS), Settings (Global, JAI, Coverage Access), Cacheado de Teselas (Capas en caché, Valores por defecto de cacheado, Conjuntos de malla, Cuota de disco, BlobStores), and Seguridad (Configuración, Identificación, Contraseñas). The main content area is titled 'PostGIS - PostGIS Database' and includes the following sections:

- Información básica del almacén:**
 - Espacio de trabajo *: SIGET2
 - Nombre del origen de datos *: siget2_0
 - Descripción: (empty field)
 - Habilitado
- Parámetros de conexión:**
 - dbtype *: postgres
 - host *: localhost
 - port *: 5432
 - database: Administrador_Shapes
 - schema: public
 - user *: postgres
 - passwd: (masked with asterisks)
 - Espacio de nombres *: 10.34.2.105/siget2

Figura 2.10 Formulario para ingresar datos de un origen de datos nuevo

Fuente: elaboración propia

- Información básica del almacén.
 - Espacio de trabajo:
 - En esta lista desplegable aparecen todos espacios de trabajos creados en *Geoserver*, se seleccionará aquel espacio de trabajo para el cual sea este almacén de datos
 - Nombre del origen de datos:
 - Es el identificador de este almacén de datos.
 - Descripción:
 - Aquí se especificará una descripción de este almacén para que las personas puedan saber para qué se creó este almacén.
- Parámetros de conexión.
 - *Host*:
 - Es el dispositivo en donde se encuentra la base de datos, como en este caso se tiene el servidor de la base de datos en el mismo *host* que el servidor, se pondrá *localhost*, en caso contrario se puede poner el nombre o la IP del servidor donde se encuentre el origen de los datos.
 - *Port*:
 - Es el puerto por donde se comunicarán el servidor y el SGBD.
 - *Database*:
 - Es el nombre de la base de datos a la cual se va a conectar.
- Parámetros de conexión.
 - *Schema*:
 - Es el esquema de la base de datos al cual se va a conectar.
 - *User and password*:
 - Son las credenciales con las cuales va a acceder a la base de datos.

Almacenes de datos

Gestionar los almacenes que proveen datos a GeoServer

Agregar nuevo almacén
 Eliminar los almacenes seleccionados

Resultados 1 a 10 (de un total de 10 items)

Tipo de datos	Espacio de trabajo	Nombre del almacén	Tipo	¿Habilitado?
	nurc	arcGridSample	ArcGrid	
	nurc	img_sample2	WorldImage	
	nurc	mosaic	ImageMosaic	
	tiger	nyc	Directory of spatial files (shapefiles)	
	sf	sf	Directory of spatial files (shapefiles)	
	sf	sfdem	GeoTIFF	
	SIGET2	siget2_0	PostGIS	
	topp	stactn_shapefile	Shapefile	
	topp	taz_shapefile	Directory of spatial files (shapefiles)	
	nurc	worldImageSample	WorldImage	

Resultados 1 a 10 (de un total de 10 items)

Figura 2.11 Listado de almacenes de datos

Fuente: elaboración propia

2.3.6.3 Publicación de capas de datos en Geoserver

Después de establecer el origen de los datos para *Geoserver*, se configuran las capas que estarán disponibles en línea para los usuarios:

Seleccionar de menú de datos la opción “Capas”

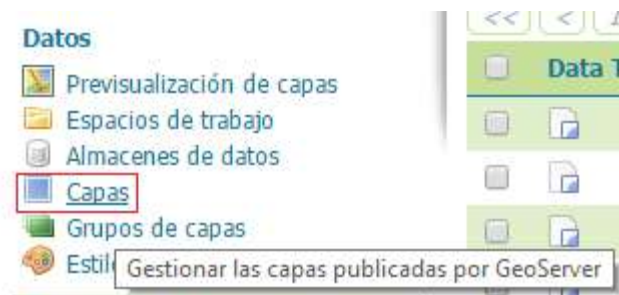


Figura 2.12 Ubicación del acceso a las capas de datos

Fuente: elaboración propia

En seguida seleccionar “Agregar nuevo recurso”

Capas

Gestionar las capas publicadas por GeoServer

- [+ Agregar nuevo recurso](#)
- [- Eliminar las capas seleccionadas](#)

Figura 2.13 Forma para agregar una nueva capa

Fuente: elaboración propia

En la imagen 2.14 se observa la lista de capas disponibles en el almacén de datos. Para realizar la publicación de una capa hay que dar clic en el *link* “Publicación” ubicado en el mismo renglón donde se ubica el nombre de la capa.

Publicada	Capa (con espacio de nombres y prefijo)	Acción
✓	capatale	Publicar de nuevo
✓	municipios	Publicar de nuevo
✓	sitios	Publicar de nuevo
	zonologicas	Publicación
	sig_puentes_m0706a01	Publicación
	sig_II	Publicación
	edificioshistoricos	Publicación
	sig_estructa	Publicación
	sig_boceta	Publicación
	marcas_mobil	Publicación
	sig_III	Publicación

Figura 2.14 Listado de las capas disponibles en el almacén de datos

Fuente: elaboración propia

En la figura 2.15 se muestra parte de las opciones de configuración necesaria para publicar la capa.

The screenshot shows a web interface for editing a layer. The main heading is 'Editar capa' with a subtitle 'Editar los datos de la capa y la información de publicación'. Below this, the layer name 'SIGET2: cruces_fronterizo' is displayed, followed by the instruction 'Configure el recurso y la información de publicación para esta capa.' There are four tabs: 'Datos', 'Publicación', 'Dimensiones', and 'Cachado de Teselas'. The 'Publicación' tab is selected. Under the heading 'Información básica del recurso', there are several input fields: 'Nombre' (containing 'Cruces_fronterizo'), 'Habilitado' (checked), 'Anunciado' (checked), 'Titulo' (containing 'Cruces_fronterizo'), and 'Resumen' (empty). Below this is a 'Palabras clave' section with 'Palabras clave actuales' (containing 'Cruces_fronterizo') and a 'Nueva palabra clave' field. A 'Eliminar seleccionadas' button is located to the right of the current keywords.

Figura 2.15 Formulario de configuración de una capa de datos para publicación

Fuente: elaboración propia

Cumplido lo anterior, lo siguiente es configurar la publicación de la capa, para esto se pide llenar un formulario en donde:

- Información básica del recurso
 - Nombre:
 - Es el nombre que identificara a la capa.
 - Habilitado / *Advertised*:
 - Controlan la configuración de visualización de la capa.
 - Titulo:
 - Identificador interno de la capa.
 - Descripción:

- Una pequeña descripción de la capa

Sistema de referencia de coordenadas

SRS nativo
[]

SRS declarado
EPSG:4326 [Buscar... EPSG:WGS 84...]

Gestión de SRC
Forzar el declarado [v]

Encuadres

Encuadre nativo

Min X	Min Y	Máx X	Máx Y
-112.47087860107	14.5151634216306	-89.554794311523	31.5181255340571

[Calcular desde los datos](#)

Encuadre Lat/Lon

Min X	Min Y	Máx X	Máx Y
-112.47087860107	14.5151634216306	-89.554794311523	31.5181255340571

[Calcular desde el encuadre nativo](#)

Figura 2.16 Sección donde debe indicarse el sistema de referencia, el cual es requerido para llevar a cabo la publicación

Fuente: elaboración propia

- Sistema de referencia de coordenadas.
 - SRS declarado:
 - Es el sistema de coordenadas con el cual se publicará esta capa, dar clic en buscar y seleccionar el SRS 4326.
- Encuadres.
 - Es el límite geográfico para mostrar la capa, pero esto se puede calcular automáticamente dando clic en “Calcular desde el encuadre nativo”.

Todos los demás campos se pueden dejar por default. Por último, se procede a guardar las configuraciones realizadas.

Al seleccionar la opción “Capas” del menú de datos se puede observar la capa ya publicada en la tabla de capas.

2.4 Pruebas de desempeño

Durante la etapa del desarrollo se fueron realizando las pruebas de desempeño, mismas que consistieron en la selección y carga de distintos archivos que contienen información geoespacial de distintos tipos, tanto elementos puntuales como, líneas y polígonos.

En las imágenes siguientes, se ilustra la selección, carga y transferencia de un archivo *shape*, el cual contiene información de cruces fronterizos de ferrocarril.

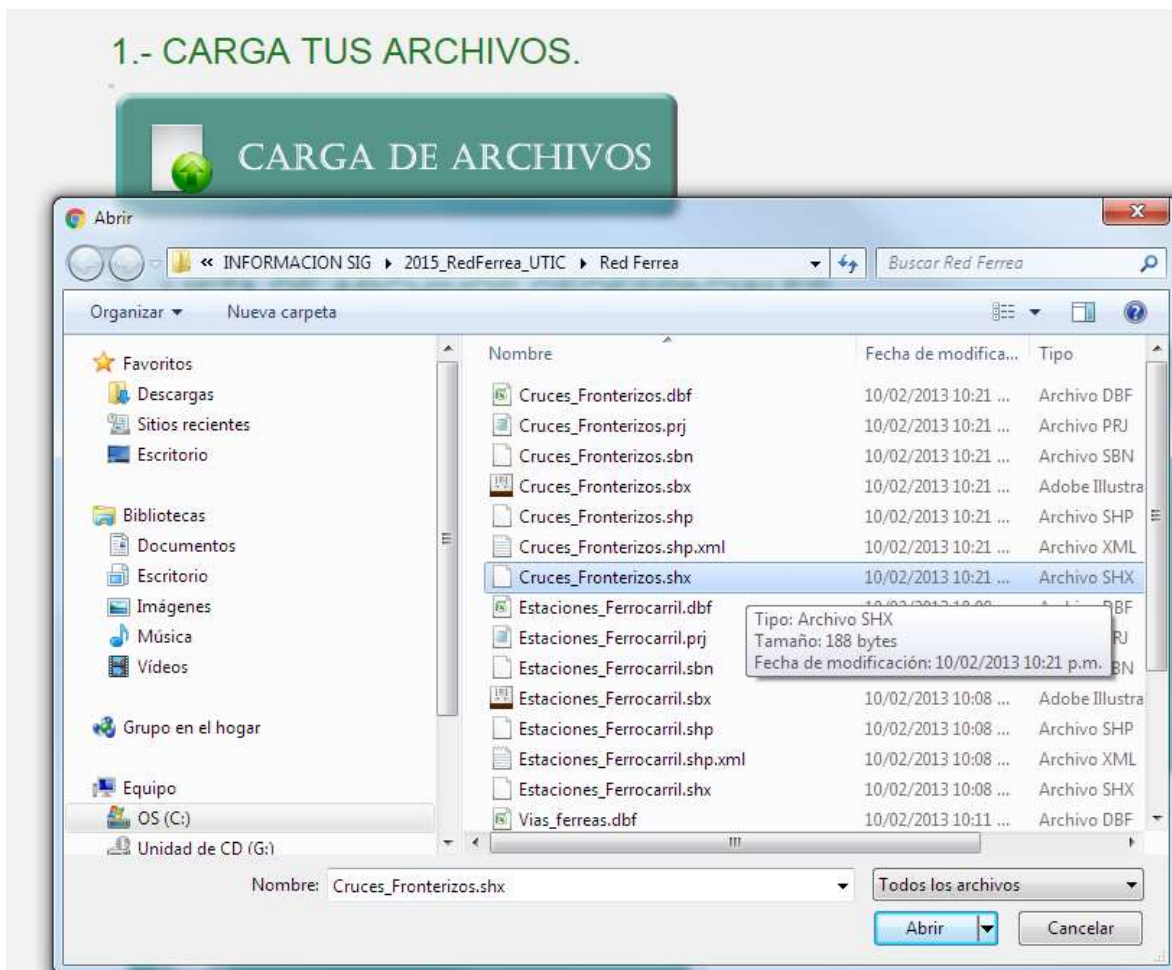


Figura 2.19 Selección de archivos a transferir

Fuente: elaboración propia

2.- LISTA DE ARCHIVOS GEOESPACIALES

- ✓ Cruces_Fronterizos.dbf
- ✓ Cruces_Fronterizos.prj
- ✓ Cruces_Fronterizos.shp
- ✓ Cruces_Fronterizos.shx

Figura 2.20 Listado de archivos seleccionados

Fuente: elaboración propia

Después de hacer clic en el botón “Subir a la base de datos”, el archivo seleccionado se transfiere a una base de datos creada en el manejador de bases de datos *PostgreSQL*.

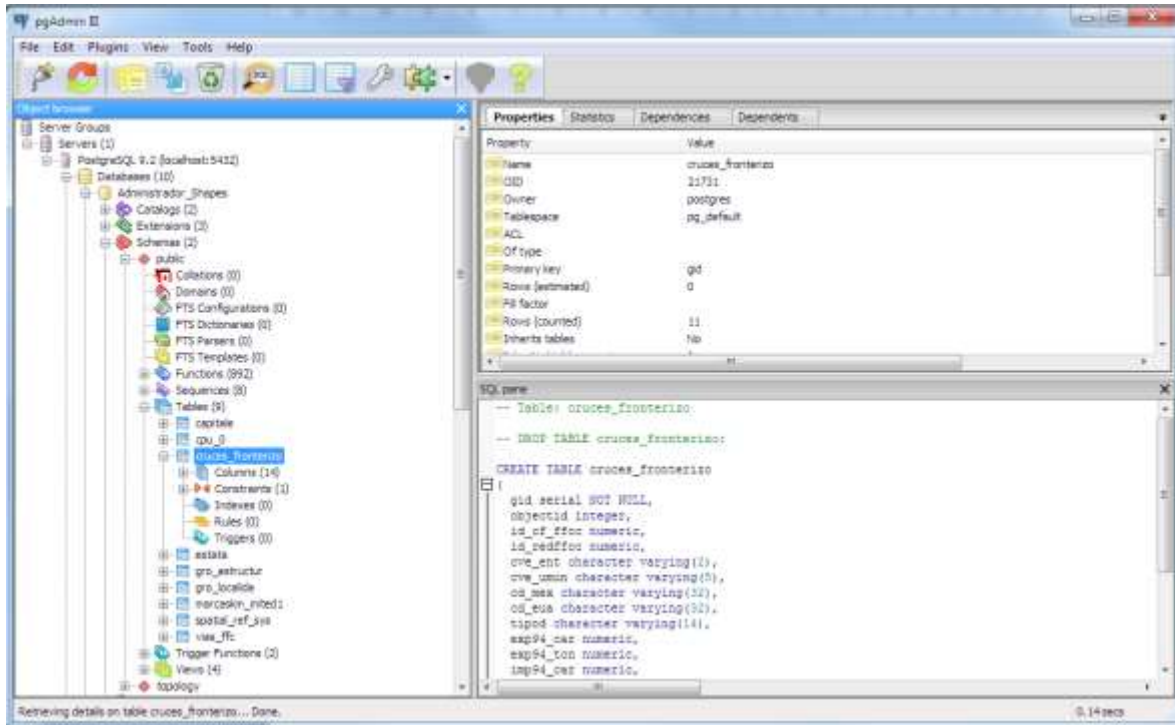


Figura 2.21 Interfaz de PostgreSQL

Fuente: elaboración propia

Se creó una base de datos temporal la cual se nombró “Administrador_Shapes” en la cual se almacena la información transferida mediante la herramienta diseñada para cargar archivos.

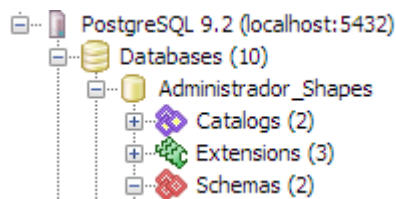


Figura 2.22 Base de datos donde se almacenan los archivos transferidos

Fuente: elaboración propia

En la imagen siguiente se puede observar la tabla correspondiente al *shapefile* utilizado para el ejemplo “cruces_fronterizos.”

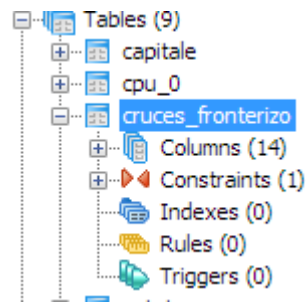


Figura 2.23 Tabla creada en la base de datos a partir del archivo transferido

Fuente: elaboración propia

Después de realizar varias pruebas de transferencia de archivos *shapefile* en sus diferentes tipos, puntos, líneas y polígonos, se identificó que al realizar transferencias de archivos con una gran cantidad de datos o muy pesados no se lleva a cabo el proceso correctamente; es decir, éstos no son insertados en la base de datos. Al contrario de lo anterior, cuando se trata de archivos con pocos datos la transferencia se realiza sin problemas.

Es importante tener en cuenta el equipo a utilizar ya que, de acuerdo a las pruebas de desempeño realizadas, la rapidez con la que el usuario verá los mapas en la pantalla de su computadora dependerá, en gran medida, de la capacidad del servidor, el cual debe contar con la suficiente cantidad de memoria RAM de la cual el mínimo requerido es de 4GB, así como un procesador con más de un núcleo con una velocidad mínima de 3.0GHz.

3 Conclusiones

Contar con información actualizada de la infraestructura para transporte del país permite la mejora de los procesos de planeación, organización, gestión y operación. Para lograr lo anterior se hace necesaria la implementación de nuevas herramientas que faciliten y hagan más eficiente el manejo y análisis de los datos del sector.

Actualmente se cuenta con una gran cantidad de datos que resultan ser de utilidad no sólo para el personal que se encuentra directamente involucrado con las tareas de administración y operación de la infraestructura de transporte, sino que gracias a que se ha mejorado el acceso a numerosas herramientas de software, hardware y comunicaciones, un número mayor de usuarios está en posibilidad de obtener la información y aplicarla para dar solución a necesidades propias en una gran variedad de sectores donde los datos geoespaciales del transporte resultan ser determinantes para llevar a cabo actividades de planeación y toma de decisiones.

La constante innovación geoinformática posibilita y agiliza la difusión y el intercambio de información geoespacial a través de Internet. El desarrollo de nuevas herramientas que faciliten la interacción entre los generadores de información, la información misma y el usuario final resulta indispensable para hacer llegar a un número mayor de personas datos relevantes que impactan en el desarrollo del país.

Disponer de un método de actualización de la información e incorporación de la misma a la base de datos central, en el formato en que ésta es generada en campo mediante el uso de navegadores GPS u otro medio de captura por el personal responsable de esta tarea, representa un ahorro considerable en cuanto al tiempo que se requiere para realizarla de la forma tradicional.

El sistema para transferencia de datos desarrollado representa una propuesta metodológica y una herramienta informática que permite hacer más ágil la incorporación de información georreferenciada a las bases de datos del Sistema de Información Geoestadística para el Transporte 2.0. Esta herramienta puede ser considerada como la base de desarrollo de un sistema aún más robusto, al cual puedan agregarse un número mayor de funciones que respondan a las diferentes necesidades del sector en cuanto a la creación y empleo de datos geoespaciales de la infraestructura de transporte.

Bibliografía

- BACKHOFF POHLS, Miguel Ángel. *Informe final de proyecto, Inventario Nacional Georreferenciado de Infraestructura para el Transporte, INIT-2007/2008*. Querétaro, México: Instituto Mexicano del Transporte.
- BACKHOFF POHLS, Miguel Ángel. *Transporte y espacio geográfico. Una aproximación geoinformática*. México: UNAM, 2005.
- BLACK, W. *Transportation: A geographical analysis*. New York: Guilford Publications, 2003.
- FU, Pinde and Sun Jiulin. *Web GIS, Principles and Applications*. Estados Unidos de América: ESRI Press, 2011.
- MORALES BAUTISTA, Elsa María. *Consolidación operativa e integración de funciones para el análisis geoespacial del Atlas Cibernético del Transporte. Informe final de investigación del proyecto No. VI 14/09*. Querétaro, México: Unidad de Sistemas de Información Geoespacial, Instituto Mexicano del Transporte, 2009.
- OLAYA, Victor. *Sistemas de Información Geográfica*. España, 2014.
- OPEN SOURCE GEOESPATIAL FOUNDATION (OSGF). *Geoserver*. [En línea] [Consultado 12 de febrero 2015]: Disponible en: <http://geoserver.org/>
- ORACLE. *Java, recursos de ayuda*. [En línea]. [Consultado 9 de junio 2015]: Disponible en: https://www.java.com/es/download/faq/whatis_java.xml
- PETERS, Dave. *Building a GIS: System Architecture Design Strategies for Managers*. Estados Unidos de América: ESRI Press, 2008.
- POSTGRESQL-ES. *Sobre PostgreSQL*. [En línea]. [Consultado 12 de febrero 2015]: Disponible en: http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql
- POTRYKOWSKI, M., and Z. Taylor. *Geografía del Transporte*. Barcelona: Ariel Geografía. Editorial Ariel, S. A., 1984.
- SÁNCHEZ CARBONELL, José Ignacio. *Qué es un Sistema de Información Geográfica SIG*. [En línea]. [Consultado 20 agosto 2015]: Disponible en: http://www.nosolosig.com/%BFque_es_un_sig?.html

SEGUÍ PONS, J. M. *Geografía de Redes y Sistemas de Transporte*. Serie Espacios y Sociedades, 1991, (16). Madrid: Editorial Síntesis.

TAAFFE, E., H. GAUTHIER, and M. O'Kelly. *Geography of Transportation*. Segunda edición. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

TABOADA, J., COTOS, J. *Sistemas de Información Medioambiental*. España: Gesbiblo, S. L., 2005.

TOMLINSON, R. *Pensando en SIG. Planificación del Sistema de Información Geográfica Dirigida a Gerentes*. Estados Unidos de América: ESRI Press, 2007.

Unidad de Sistemas de Información Geoespacial (USIG). *Diccionario de datos para el transporte. Diccionario de datos creado para la realización del Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte 2007/08*. San Fandila Pedro Escobedo, Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte, 2007.



Km 12+000, Carretera Estatal No. 431 "El Colorado Galindo". Parque Tecnológico San Fandila, Municipio Pedro Escobedo, Estado Querétaro, C.P. 76703
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610
Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>