

# Directorio geográfico de la Universidad Veracruzana aplicado a la ubicación y transporte colectivo

Carlos Alberto Ochoa Rivera<sup>1</sup>, Gerardo Contreras Vega<sup>1</sup>, Joel Humberto Gómez Paredes<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana, Av. Xalapa  
s/n esquina con Ávila Camacho, Xalapa, Ver., 91000. México

{Carlos Alberto Ochoa Rivera, cochoa, Gerardo Contreras Vega, gcontreras}@uv.mx  
{Joel Humberto Gómez Paredes, elmaildeldezkareid}@gmail.com

*(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)*

**Resumen.** Localizar un sitio de interés con el paso del tiempo se ha vuelto más simple, gracias a servicios de mapas como Google Maps u OpenStreetMap. Estos servicios de mapas proporcionan la posibilidad de ser usados en el desarrollo de sistemas o aplicaciones que ayuden a resolver una problemática específica o brindar algún servicio. En la ciudad de Xalapa debido a la distribución geográfica de las dependencias de la Universidad Veracruzana (UV), en algunos casos puede ser complicado para la comunidad universitaria el ubicar y transportarse a estas, sobre todo para los estudiantes foráneos que no conocen la ciudad y por ello les puede ser difícil ubicarse. Ante esta problemática, se decidió realizar un directorio que permitiera concentrar la información geográfica de las dependencias de la UV, y las rutas del transporte colectivo de Xalapa para brindar al estudiante una herramienta con la cual pudiera localizar una dependencia de manera fácil, y consultar como puede llegar a esta usando el autobús.

**Palabras clave:** Directorio geográfico, transporte colectivo, Servidores de mapas, Google Maps.

## 1 Introducción

La localización siempre ha sido de interés para las personas, con el paso del tiempo se han utilizado distintas técnicas para representarla, desde el uso de mapas de papel hasta el uso de servicios de mapas digitales. En la actualidad existen servicios de mapas como Google Maps u OpenStreetMap que ofrecen a los usuarios una forma de obtener información geográfica como la ubicación. Estos servicios caen dentro la categoría de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Un SIG es un sistema que integra tecnología, informática, personas e información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos geo-referenciados [1]. Estas herramientas hoy en día están disponibles a través de la web, a estos se les denomina SIG web. Los SIG web como Google Maps [2], Bing Maps u OpenStreetMaps, ofrecen la posibilidad de ser usados para el desarrollo de sistemas o aplicaciones para resolver una problemática específica o brindar un servicio. Algunos ejemplos de estos son: foursquare, una aplicación que permite compartir y guardar los lugares que se

visitan [14] o PlazaScience, un mapa de las instituciones científicas construido por estudiantes, profesores, investigadores y ciudadanos interesados en las actividades científicas [15].

Debido a la distribución de las dependencias de la Universidad en toda la ciudad de Xalapa, la tarea de ubicar y transportarse a estas suele ser un proceso que conlleva una inversión de tiempo considerable, en especial para estudiantes foráneos ya que no conocen la ciudad (muchos estudiantes no son originarios de Xalapa) e inclusive las personas que viven en la ciudad no conocen la ubicación de ciertas dependencias, ya sea porque son nuevas o porque nunca se ha oído hablar de ellas. El problema de la ubicación de las dependencias ha sido mitigado gracias herramientas como Google Maps, pero no ha sido resuelto ya que no todas las dependencias de la UV están registradas en su base de datos. Otro problema es el transporte, en Xalapa el transporte más utilizado es el autobús, pero actualmente no se cuenta con una herramienta que indique que autobús se debe abordar para llegar de un lugar a otro, y la única forma de obtener esa información es preguntando a las personas de la ciudad (lo cual no es un método infalible, ya que puede que no se conozca el lugar o una ruta que pase por ahí). Ante esto se decidió realizar un directorio geográfico que muestre a la comunidad universitaria la localización de las dependencias de la UV en Xalapa y que autobús se debe abordar para llegar a ellas.

## 2 Estado del arte

Los SIG se utilizan para el análisis, planificación y gestión de datos geográficos, con la finalidad de resolver una problemática o necesidad específica. Los SIG pueden utilizarse en cualquier área que maneje información geográfica. En México el ITM hace uso del Sistema de Información Geoespacial para el Transporte (SIGET) con el objetivo de “diseñar, estructurar e implementar un sistema informático eficiente, versátil y sencillo para el registro, análisis y representación de la información geográfica y estadística asociada al sistema de transporte mexicano”.

El gobierno de la ciudad de Mérida cuenta con su propio SIG que permite conocer el territorio y la ubicación de los diferentes elementos geográficos de la ciudad, además de proporcionar información sobre el equipamiento urbano y rural de algún sitio e información estadística de las diferentes situaciones socio-económicas que se viven en el municipio de Mérida.

Los SIG aplicados a la gestión de los medios de transporte y proveer información de estos a la comunidad no es algo nuevo. En México, una empresa llamada Ruter Online ofrece un servicio que brinda información de interés sobre rutas de autobuses de la ciudad de Querétaro como los recorridos, puntos de abordaje y bajada [12].

En la ciudad Monterrey también existe una herramienta similar llamada Mapa de Rutas de Transporte Público Zona Metropolitana [13] que brinda el gobierno de estado de Nuevo León, aunque no muestra puntos de abordaje.

El portal de la UV, haciendo uso de la tecnología Google Maps en la página de cada dependencia existe una sección llamada “como-llegar”. Esta funciona hace uso de la geo-localización para ubicar al usuario usando sus coordenadas geográficas, y a partir de estas trazar la ruta hacia la dependencia caminando o en

*Directorio geográfico de la Universidad Veracruzana aplicado a la ubicación y...* 139  
automóvil según la decisión del usuario. El directorio geográfico busca complementar al portal de la UV, concentrando la información geográfica y de transporte (transporte colectivo) en un solo sitio para acceder a ella de una manera fácil y rápida, aportando información a la comunidad acerca de la dependencia y del autobús que se debe abordar.

### 3 Metodología

Se llevó a cabo un análisis para definir los requerimientos, esto con el propósito de determinar las funciones que debía cumplir el directorio geográfico. El directorio geográfico es un SIG y está dividido en 3 sistemas: datos, visualización y creación cartográfica, y análisis. Al analizar los sistemas que componen al SIG, se investigó que tecnologías eran necesarias para desarrollarlos. En el sistema de datos se manejan datos geográficos, así que para poder administrarlos y almacenarlos se estudiaron las bases de datos geo-espaciales, que son las que tienen soporte para tipos de datos geográficos (Puntos, polígonos, líneas). Al terminar el sistema de datos, se trabajó en el sistema de visualización y creación, como este trabajo está enfocado a la web, es necesario un servidor de mapas para poder acceder a mapas digitales a través de la red, se puede elegir entre montar un servidor propio o usar uno externos como Google Maps u OpenStreetMap, cual usar dependerá de la naturaleza del problema a resolver y el presupuesto con el que se cuente. Después se hizo la selección de las tecnologías que se usarían para el desarrollo del trabajo. Finalmente, se implementaron algoritmos que se utilizarían para dotar de funcionalidad al directorio. Los algoritmos desarrollados hacen uso de información geográfica como las coordenadas, esta información se utilizó para medir la distancia entre 2 puntos. Este cálculo se usó para saber si el origen y el destino del usuario se encontraban en un área de 300 metros, de ser así no es necesario solicitar el servicio para listar autobuses. Este también usa el algoritmo para medir distancias con la finalidad de determinar la parada de ascenso más cercana al origen, y la parada de descenso más cercana al destino.

#### 3.1 Requerimientos

“Los requerimientos para un sistema son la descripción de los servicios proporcionados por el sistema y sus restricciones operativas.” [11].

Las categorías para los requerimientos de software pueden dividirse en 2 principales: requerimientos funcionales y requerimientos no funcionales.

Requerimientos funcionales y no funcionales del directorio:

- Funcionales:
  - El usuario debe poder elegir como punto de origen entre una dependencia con coordenadas fijas o hacer uso de geo-localización, y como punto destino una dependencia con coordenadas fijas.
  - En base al punto de origen y destino, le regresará al usuario una lista con los distintos autobuses que pasan por dichos puntos ordenados según la hora en que llegará al destino.

- El usuario al elegir un autobús debe poder visualizar la parada donde tomará el autobús y la parada donde se bajará para llegar a su destino.
- No funcionales:
  - Solo será accesible vía web
  - Se requiere del uso de un navegador web actualizado.

### 3.2 Servicios de mapas

Compañías como Google y Microsoft ponen a disposición del público sus servicio de mapas, en el caso de los usuarios a través de sus aplicaciones oficiales, y en el caso de los desarrolladores mediante una API propietaria que les permite acceder a los mapas y su manipulación para crear aplicaciones especializadas. Existen también proyectos como OpenStreetMap que es una iniciativa sin ánimo de lucro para crear un mapa libre y editable del mundo [8]. Este servicio no posee una API propia como Google, en vez de eso sus mapas dan acceso a bibliotecas Javascript que quieran hacer uso del servicio, algunos ejemplos de estas son Leaflet y OpenLayers.

Se probó OpenStreetMap usando Leaflet, y en el caso de Google Maps su propia API, ambas ofrecen funciones para: visualizar un mapa, herramientas de zoom, manejo de marcadores y medir la distancia entre 2 puntos. Estas funciones son necesarias para el desarrollo del proyecto, pero se eligió utilizar Google Maps por contar con la “street view”, con esta el usuario puede tener una perspectiva a nivel de calle de donde se encuentra las paradas o la dependencia que busca en el directorio.

### 3.3 Tecnologías que implementa el directorio

#### 3.3.1 MongoDB

MongoDB es un manejador orientado a documentos de código abierto y líder de las base de datos NoSQL (NotOnlySQL) [4]. “Las bases de datos relacionales nunca fueron diseñadas para hacer frente a los retos de escalabilidad y agilidad que enfrentan las aplicaciones modernas – y no están diseñadas para tomar ventaja del almacenamiento barato y poder de procesamiento que está disponible hoy a través de la nube” [5].

##### **Tipos de bases de datos NoSQL:**

- **Orientadas a documentos:** Asocia un valor llave con una estructura de datos compleja conocida como documento. Ejemplos: MongoDB y CouchDB.
- **Almacenamiento de grafos:** son usados para guardar información sobre redes, como conexiones sociales. Ejemplos: Neo4J e HyperGraphDB.



- **Almacenamiento llave-valor:** Cada elemento en la base de datos es guardado como un nombre de atributo y llave, juntos con su valor. Ejemplos: Riak and Voldemort.
- **Almacenamiento por columnas:** Están optimizadas para consultas de grandes conjuntos de datos, y almacenamiento en columnas de datos juntos, en lugar de filas. Ejemplos: Cassandra y Hbase.

Una de las razones fundamentales por las cuales se eligió el MongoDB es porque los modelos relacionales tienen un esquema muy rígido, y en este caso cada dependencia puede variar en ciertos aspectos, puede que no tenga los mismos atributos quizás una dependencia posea otro esquema de datos totalmente diferente a otra. En MongoDB por ser orientado a documentos no maneja estructuras rígidas [3] sino colecciones de datos compuestas de documentos.

MongoDB ofrece mecanismos para manejar índices y consultas sobre información geo-espacial, trabajando con 2 tipos de superficies:

- Spherical (Esférica).
- Flat (Plana).

Al usar el tipo de superficie esférica los datos geográficos deben guardarse en formato GeoJSON. Este formato es usado para codificar estructuras geográficas. MongoDB a partir de su versión 2.4 soporta los siguientes objetos en GeoJSON:

- Point
- LineString
- Polygon

Al usar el tipo de superficie plana, la información geográfica se debe guardar en pares de coordenadas.

### 3.3.2 API de Google Maps

La API de Google Maps provee una manera de incorporar mapas de Google en un sitio web y la personalización de los estilos del mapa sino se desea usar los que trae por defecto. Esta tecnología es usada por los usuarios para encontrar lugares como: bancos, hoteles, restaurantes, hospitales, centros comerciales, centrales de autobuses, etc. Actualmente hay más de 150,000 sitios usando su API [7], lo que da una idea de su popularidad. Google Maps no es el único servicio de mapas en Internet, hay otros como: Yahoo! Maps, OpenStreetMaps o Bing Maps, pero Google Maps es el más popular no solo en la categoría de mapas sino en un contexto general de API's utilizadas para la creación de Mashups con un porcentaje de 18% según estadísticas del sitio web [www.programmableweb.com](http://www.programmableweb.com) en su sección de APIs a la fecha de 24 de julio de 2013.

### 3.3.3 Servicios web

Un servicio no tiene una definición como tal, pero esta organización habla de ellos como un conjunto de aplicaciones o de tecnologías con capacidad para interoperar en la Web [6].

Para el desarrollo del directorio se decidió que se manejara únicamente HTML, CSS y Javascript en la interfaz, esto para no ligar el directorio a un lenguaje de programación específico. Con esto se provee flexibilidad ya que solo se necesitan escribir en un lenguaje de programación los servicios que procesen los datos que

envié el usuario y estos le regresen la información solicitada. Para la programación de los servicios se hizo uso de PHP ya que es un lenguaje de código abierto, es ejecutado en el servidor, es simple y cuenta con muchas funciones [9].

El directorio cuenta con los siguientes servicios:

- **Buscar dependencia:** Devuelve toda la información de una dependencia.
- **Listar Dependencias:** Devuelve todas las dependencias.
- **Listar Autobuses:** Lista de autobuses que llevan del origen al destino seleccionado.

Estos se consumen mediante AJAX (Asynchronous JavaScript and XML). AJAX es la técnica de intercambiar datos con un servidor y actualizar partes de una página web sin recargar la página entera [10].

### 3.4 Algoritmo para medir la distancia

Una forma de poder medir la distancia entre 2 coordenadas geográficas es haciendo uso de la biblioteca "geometry" de la API de Google Maps, pero esta solo se encuentra disponible del lado del cliente y no del lado del servidor, esto trae como consecuencia que se tenga que enviar toda la información de las paradas de autobuses al cliente haciendo un uso excesivo de la red. Se hizo uso de la biblioteca "geometry" solo para medir la distancia entre el origen y el destino, ya que si se encontraban a menos de 300 metros de distancia se decidió recomendar al usuario que era una mejor opción caminar. Para suplir a la biblioteca "geometry" para el cálculo de la distancia entre las paradas de autobús tanto para el como para el destino del usuario, se optó por implementar un algoritmo en el lado del servidor. El cálculo de la distancia entre 2 coordenadas geográficas no se puede resolver usando el Teorema de Pitágoras, ya que la Tierra no es un plano cartesiano sino un geoide. Para el cálculo de esta debe tomarse en cuenta el diámetro de la Tierra, y este se encuentra establecido según el sistema de proyecciones que se esté usando. Google Maps utiliza el sistema de proyección WGS84 el cual define que la Tierra tiene un diámetro de 6378.137 kilómetros. Una vez teniendo claro esto, se procedió a implementar la siguiente fórmula obtenida de <http://www.mapanet.eu/Resources/Script-Distance.htm> (Fórmula de Haversine que calcula la distancia entre 2 puntos sobre una esfera dada la latitud y longitud):

$$D = 6378.137 * A \cos(\cos(\text{Lat1}) * \cos(\text{Lat2}) * \cos(\text{Lon2} - \text{Lon1}) + \sin(\text{Lat1}) * \sin(\text{Lat2}))$$

(1)

Este algoritmo permitió que se pudieran realizar otros algoritmos, como el que determina la parada más cercana al origen o destino de acuerdo a las coordenadas de la dependencia que elija el usuario.

## 4 Resultados

Al terminar el desarrollo el directorio geográfico se puede consultar en la dirección y a través de él se puede consultar información acerca de una dependencia de la UV en particular (Figura 1) y consultar que autobús debe tomar para llegar a su destino (Figura 2).

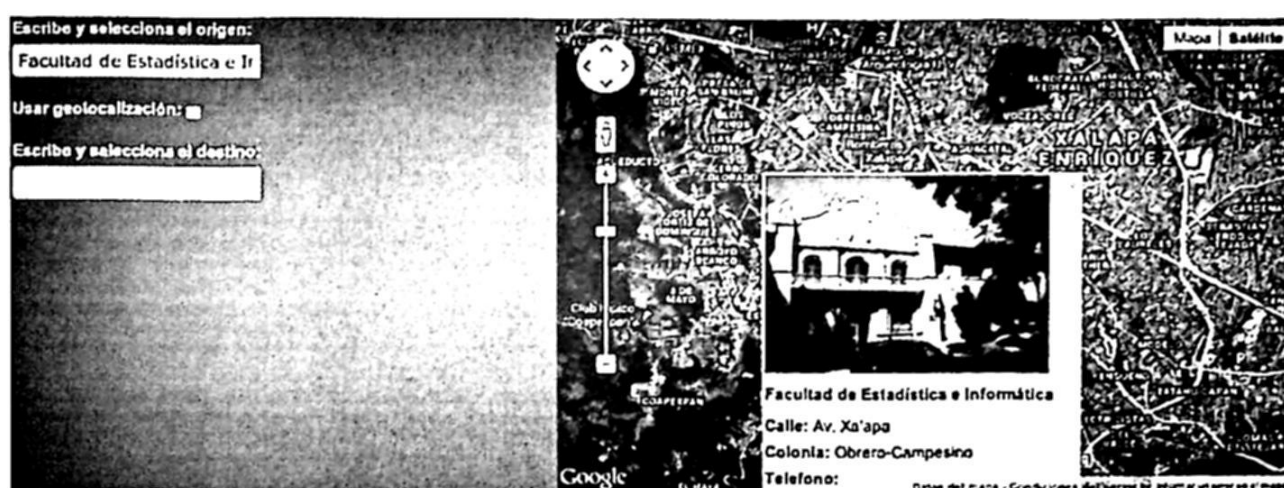


Fig. 1: Consultar información de una dependencia.



Fig. 2: Autobús que lleva al usuario a su destino.

## 5 Conclusiones y trabajos futuros

Este artículo muestra la problemática que busca solucionar el directorio geográfico elaborado para la Universidad Veracruzana en la ciudad de Xalapa y algunas herramientas disponibles en México en el ámbito de transporte público. Se muestran las tecnologías usadas en el desarrollo del directorio geográfico, a excepción de Google Maps, las tecnologías empleadas en el directorio son libres buscando promover el uso de las mismas.

Para futuras versiones se buscará incluir a las demás ciudades donde haya campus de la UV, además de incluir otros medios de transporte, en un principio se pensó en agregar tiempos de recorrido, hora de llegada a la parada de ascenso y descenso, los algoritmos fueron programados para procesar esa información pero debido a las reparaciones de las carreteras en diversos tramos de la ciudad no era factible el capturar y mostrar esa información, quizás cuando las reparaciones terminen pueda ser habilitada la sección encargada de mostrar la información.

**Agradecimientos.** Agradezco a la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana por el apoyo brindado para la elaboración de este artículo.

## Referencias

1. Olaya Victor, (2011, 25 de noviembre). Sistemas de información geográfica (Versión 1.0).
2. Gavarró Rodríguez (2010, Septiembre), Albert. Programación SIG en entornos web.
3. CouchBase, (2011). Navigating the Transition From Relational to NoSQL Database Technology.
4. 10gen, Inc., (2013, 16 de mayo). MongoDB Documentation Release 2.4.3.
5. What is NoSQL?, 10gen, Inc., Recuperado el 1 de julio de 2012, de <http://www.10gen.com/nosql>
6. W3C. Guía Breve de Servicios Web. Recuperado 23 de marzo del 2013, de <http://www.w3c.es/Divulgacion/GuiasBreves/ServiciosWeb>.
7. The Google Maps Team. Google Maps API. Recuperado 20 de junio del 2013, de [http://static.googleusercontent.com/external\\_content/untrusted\\_dlcp/maps.google.com/es//help/maps/casestudies/maps-api-web.pdf](http://static.googleusercontent.com/external_content/untrusted_dlcp/maps.google.com/es//help/maps/casestudies/maps-api-web.pdf).
8. OpenStreetMap Foundation, Main Page. Recuperado el 20 de junio de 2013, de [http://wiki.osmfoundation.org/wiki/Main\\_Page](http://wiki.osmfoundation.org/wiki/Main_Page).
9. The PHP Group. ¿Qué es PHP?. Recuperado el 24 de junio de 2013, de <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php>.
10. W3Schools. AJAX Tutorial. Recuperado el 24 de junio de 2013, de <http://www.w3schools.com/ajax/>.
11. Sommerville Ian (2005), Ingeniería de software (7ª edición).
12. Recuperado el 25 de junio de 2013, de <http://www.ruteroonline.com/ruteros/qro/>.
13. Recuperado el 25 de junio de 2013, de [http://www.nl.gob.mx/?P=aet\\_mapa\\_rutas\\_interactivo](http://www.nl.gob.mx/?P=aet_mapa_rutas_interactivo).
14. Recuperado el 25 de junio de 2013, de <https://es.foursquare.com/about/>.
15. Recuperado el 25 de junio de 2013, de <http://www.plazascience.org/page/info>.