

MxSIG: Geomática Libre al Servicio del Conocimiento del Territorio

Luis Gerardo Esparza Ríos*
José Luis Mondragón Garibay**

Recibido el 14 de mayo de 2018; aceptado el 30 de junio de 2018

Abstract

The National Institute of Statistics and Geography offers to the users the Free Software called MxSIG, which concentrates what has been learned in the Institute regarding the use and integration of existing free software technologies and development of institutional software for the construction of Geographical Information Systems for the Internet that allow the integration of geographic and statistical data, the query of statistical indicators through thematic maps and geospatial analysis.

The development of this tool is based on the implementation of international geospatial information interoperability standards such as WMS, WMTS or TMS map services, KML geospatial data files as well as standard REST data exchange services, allowing interoperability with other systems that also implement these standards.

Key words: *geographic information systems, digital map, web map, free software.*

Resumen

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) pone a disposición de los usuarios el software libre denominada MxSIG, el cual concentra lo aprendido en el Instituto en cuanto al uso e integración de tecnologías de software libre existentes y desarrollo de software institucional para la construcción de Sistemas de Información Geográfica para Internet que permiten la integración de datos geográficos y estadísticos, la consulta de indicadores estadísticos mediante mapas temáticos y el análisis geoespacial.

* Licenciado, Director General Adjunto de Integración de Información Geoespacial, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Aguascalientes, México, correo electrónico: gerardo.esparza@inegi.org.mx

** Ingeniero, Director de Soluciones Geomáticas, INEGI, México, correo electrónico: joseluis.mondragon@inegi.org.mx

El desarrollo de esta herramienta está basado en la implementación de estándares internacionales de interoperabilidad de información geoespacial como son servicios de mapas WMS, WMTS o TMS, archivos de datos geoespaciales KML así como servicios estándares de intercambio de datos REST, lo que permite la interoperabilidad con otros sistemas que también implementen dichos estándares.

Palabras clave: *sistemas de información geográfica, mapa digital, mapa web, software libre.*

Introducción

Una de las actividades fundamentales en el quehacer geográfico es el lograr que la información generada esté disponible para los usuarios. Antiguamente el único medio para que la información geográfica llegara a los usuarios eran los mapas físicos, en pergamino o en papel, impresos o trazados a mano alzada o auxiliados con escuadras y compás. Los mapas constituyen una fuente importante de información y gran parte de la actividad humana, desde los inicios de la civilización, está relacionada de una u otra forma con la cartografía.

La informática abrió nuevas sendas en todas las ramas del conocimiento, en el caso particular de la Geografía, los Sistemas de Información Geográfica marcaron un antes y un después en la actividad del cartógrafo y del analista de información geoespacial. Más recientemente, el surgimiento de Internet, y específicamente del World Wide Web, cambió nuevamente la forma de hacer las cosas, de comunicarse: en el comercio, entre particulares y entre el gobierno y los ciudadanos. En el campo cartográfico surge una nueva revolución: los mapas dinámicos web, las empresas los utilizan para que sus clientes los ubiquen mejor, los gobiernos los utilizan para comunicarse mejor con la ciudadanía.

Antecedentes

El Gobierno Federal crea el 1° de octubre de 1968 la Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación, con el fin de realizar el inventario de los recursos naturales e infraestructura del país y representarles mediante cartografía. Después de varios cambios de nombre (CETENAL¹, DETENAL², DIGETENAL³) se integra el 25 de enero de 1983 al INEGI y se convierte en lo que hoy es la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente.

Por otro lado, a finales de la década de los ochenta, se empezaron a construir en el Instituto productos para que los usuarios consultaran información estadística sobre una base geográfica, estos productos se distribuían en disquete o en disco compacto.

¹ Comisión de Estudios del Territorio Nacional.

² Dirección de Estudios del Territorio Nacional.

³ Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.

Con el conocimiento obtenido de estos ejercicios se empezaron a desarrollar Sistemas de Información Geográfica de propósito general.

Posteriormente el Instituto comenzó, a partir del año 2000, a construir mapas dinámicos en web. Este tipo de mapas ha tenido un gran impulso en el mundo en la última década, la población utiliza cada vez más los mapas en línea en su vida diaria, y los gobiernos también se han vuelto proveedores de servicios geoespaciales.

Inicialmente el mapeo web estaba dominado por algunas pocas grandes compañías comerciales, sin embargo con el advenimiento de proyectos de software de mapeo con licenciamiento de código abierto, también conocido como software libre, se hizo posible contar con software geográfico de alta calidad integrado en su conjunto bajo la denominación FOSS4G⁴ (siglas en inglés de software libre y de código abierto para geo-aplicaciones) y promovido por la OSGeo⁵ (Fundación de software geoespacial de código abierto).

Mapa Digital de México

El Mapa Digital de México (MDM) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado por el INEGI, se ofrece en dos modalidades, en línea y para escritorio. El Mapa Digital de México en línea le permite al usuario consultar más de 220 capas de información geográfica y estadística georreferenciada, sin mayor requisito que una conexión a Internet y un navegador web. El Mapa Digital de México para escritorio es un software que permite al usuario, una vez que lo instala en su computadora, integrar información geográfica de diversas fuentes (por supuesto también del INEGI) para realizar proyectos de estudio de zonas geográficas utilizando avanzados algoritmos de análisis espacial y geoestadístico; integra también herramientas de edición lo que permite al usuario crear su propia información georreferenciada.

El Mapa Digital de México en línea originalmente se desarrolló utilizando software con licenciamiento propietario o comercial, sin embargo en la práctica esto afectaba en gran medida el potencial del proyecto por las limitaciones inherentes a ese tipo de licenciamiento (restricciones en cuanto a instalación, redistribución, modificación, etc.), esto lo hacía inadecuado para utilizarlo en convenios de colaboración con otras instituciones pues estas estarían obligadas a adquirir costosas licencias de software de terceros para el funcionamiento del proyecto en cuestión (y a adquirir actualizaciones en el futuro).

En un momento dado se tomó la decisión estratégica de dejar de utilizar el software con licenciamiento propietario que sustentaba hasta ese momento al MDM en línea y sustituirlo con software con licenciamiento de software libre combinado con desarrollo interno.

⁴ Free and Open Source Software for Geospatial.

⁵ Open Source Geospatial Foundation.

A partir de ese momento el crecimiento del proyecto fue notable puesto que además de tener funcionalidades superiores a las versiones anteriores, se sustenta en una arquitectura fundamentada fuertemente en servicios con especificaciones internacionales para la interoperabilidad de datos geospaciales (estándares del OGC),⁶ lo que le permite interactuar con otros software y servicios que apliquen dichos estándares. Esta es una diferencia fundamental con respecto a proyectos sustentados en software con licenciamiento propietario o comercial en los que la constante es que la interoperabilidad sólo es posible, o al menos es notoriamente más fácil y eficiente, con software del mismo fabricante.

Es de destacar el Mapa Base del Mapa Digital de México en línea, integra capas de Información Topográfica, el Marco Geoestadístico en todos sus niveles, la Red Nacional de Caminos, el Continuo de Elevaciones Mexicano y diversos topónimos. El Mapa Base está diseñado con una simbología y una paleta de colores seleccionados de tal manera que la información que se sobreponga se pueda visualizar fácilmente.

Actualmente el Mapa Digital de México en línea contabiliza aproximadamente 100 mil sesiones de usuarios al mes y permite la consulta de información Topográfica, Geodésica, de Recursos Naturales, del Marco Geoestadístico, de la Red Nacional de Caminos, del DENU, del Censo Económico 2014, del Censo de Población y Vivienda 2010 entre otros.

Surgimiento de MxSIG

También gracias a la adopción de software libre o de código abierto y al desarrollo de software dentro del Instituto, el Mapa Digital de México en línea evolucionó rápidamente hacia una plataforma que permitió generar proyectos que iban más allá del objetivo original y que eran de utilidad no sólo para el INEGI sino para otras instituciones.

Esta plataforma de software se ha utilizado para desarrollar soluciones tanto para el mismo Instituto como para diversas instituciones y organismos de los diferentes niveles de gobierno. Entre estas soluciones destacan los Servicios de Información Georreferenciada que el INEGI implementa a través de convenios de colaboración con gobiernos estatales y municipales, también es de destacar la Solución Geomática para Censos y Encuestas que se utilizó con éxito en los Censos Económicos 2014 en las etapas de planeación, actualización cartográfica, seguimiento del operativo y publicación de resultados.

Con el fin de dotar de identidad propia a esta plataforma de software diferenciándola del proyecto Mapa Digital de México en línea (que está construido sobre ella) y potenciar de esta manera al máximo su uso, esta plataforma se puso a disposición con el nombre MxSIG.

⁶ Open Geospatial Consortium.

Qué es MxSIG

MxSIG es una integración o *stack* de software que permite la creación de Sistemas de Información Geográfica web. El software que lo conforma es una mezcla del mejor software geográfico de código abierto o libre (manejadores de bases de datos geoespaciales relacionales, servidores de mapas, servidores de aplicaciones web, clientes web, etc.) y de software desarrollado en el propio Instituto, el cual, bajo el concepto MxSIG, también está liberado bajo un licenciamiento de software libre o de código abierto.

La arquitectura de MxSIG está separada en capas y orientada a servicios, lo que la hace sumamente flexible.

En la capa de persistencia de información se utiliza el sistema de gestión de bases de datos relacional PostgreSQL, este permite alta concurrencia y las funcionalidades avanzadas esperadas en los manejadores de bases de datos empresariales: integridad referencial, transacciones, seguridad, disparadores, procedimientos almacenados, búsqueda de texto completo, etc.

También en la capa de persistencia se utiliza la extensión PostGIS, la cual añade soporte para objetos geográficos a PostgreSQL y permite realizar análisis mediante consultas SQL espaciales o mediante conexión a aplicaciones SIG.

Como motor de mapas se utiliza el software MapServer, el cual permite generar servicios de mapas dinámicos bajo especificaciones estándares. Mapserver es un motor de renderizado de mapas web que puede utilizar prácticamente cualquier fuente de datos geográficos, en el caso particular de MxSIG, esta fuente de datos es una base de datos geoespacial.

Con el fin de acelerar y optimizar el despliegue de mapas en el navegador, MxSIG utiliza un depósito intermedio de *tiles* (losetas o azulejos) pregenerados, el cual se implementa mediante el software GeoWebCache.

Otro componente importante es la interfaz de usuario, la cual utiliza como base el software OpenLayers, una librería que permite mostrar mapas interactivos en web y que soporta las principales especificaciones de estándares de interoperabilidad de información geográfica.

Estos componentes de software libre (y otros no mencionados) se amalgaman con componentes de software desarrollados en el Instituto y también amparados con licencias de software libre.

Qué es el Software Libre o de Código Abierto

Se ha mencionado que MxSIG está construido con software libre o de código abierto, pero ¿qué es exactamente este tipo de software?

En primer lugar conviene mencionar que, en el aspecto estrictamente técnico, el software libre es igual a cualquier otro tipo de software. Al igual que el software con licencia propietaria o comercial, el software libre también es el conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas que hacen posible la realización de tareas específicas dentro de una computadora. También se desarrolla utilizando alguno de los muchos lenguajes de programación existentes y se compila para generar un binario ejecutable que el usuario pueda utilizar.

La diferencia real tiene que ver con el tipo de licenciamiento, pues típicamente la licencia del software propietario o comercial limita los derechos del usuario sobre el software mientras que la licencia del software libre o de código abierto protege los derechos del usuario que lo utiliza, en particular protege el derecho del usuario para utilizar el software con cualquier propósito, estudiar el programa y modificarlo para adecuarlo a las propias necesidades, distribuir copias del programa a cualquier otro usuario, y mejorar el software, por ejemplo corrigiendo *bugs* y hacer públicas estas mejoras.

Para entender mejor lo anterior, en la Tabla 1 se enumeran, sin pretender ser una lista exhaustiva, algunas diferencias típicas entre una licencia propietaria o comercial y una de software libre o de código abierto.

La precisión del productor muestra que la predicción de la RLM tiene buena coincidencia (72.63%) con el mapa del inventario de deslizamientos. Esto indicaría que si supiéramos que un área en particular está afectada por deslizamientos (y se ha verificado en campo), la probabilidad de que el modelo identifique correctamente ese píxel como deslizamientos sería del 72.63%. Por su parte la precisión del usuario indica que, si el investigador seleccionara cualquier píxel que representase un deslizamiento en el mapa del modelo de RLM, tendría el 72.82% de probabilidad de que el investigador se ubique en un deslizamiento cuando visite esa ubicación del píxel en campo. El modelo también tiene valores positivos en la razón de momios y en la prueba de eficiencia del modelo, lo que indica que el modelo ha predicho correctamente. Esta “buena concordancia” de la RLM con el inventario se debe a una sobre-predicción. El modelo sobre-predice como se muestra por su bajo porcentaje en la eficiencia del modelo. La eficiencia del modelo tiene un valor máximo de uno cuando el modelo ha indicado todos los deslizamientos de tierra correctamente, y tiene un valor negativo cuando el número de deslizamientos incorrectamente indicados por el modelo, es mayor que el número de deslizamientos correctamente predicho (Van Den Eeckhaunt *et al.*, 2005).

Aunque en la mayoría de los casos el ahorro económico al utilizar licencias de software libre es significativo, muchas veces este no es el criterio de mayor importancia cuando se selecciona una solución de este tipo. En muchos casos se selecciona el software libre evaluando criterios como calidad, flexibilidad, escalabilidad, funcionalidad, etc.

Tabla 1
Comparativa Software Propietario y Software Libre

<i>Licencia de software propietario o comercial</i>	<i>Licencia de software libre o de código abierto</i>
Algunas licencias permiten el uso del software solamente en una computadora	No existe limitante en cuanto al número de computadoras en que pueda ser instalado y utilizado simultáneamente
Algunas licencias sólo permiten el uso en un servidor con la cantidad de procesadores/núcleos estipulado cuando se adquirió la licencia de uso, si se quiere utilizar en un servidor con mayor capacidad de procesamiento se debe adquirir un nuevo licenciamiento	No existen limitaciones en cuanto al número de núcleos de procesamiento, memoria o cualquier otra característica del servidor en que se ejecuta el software
Algunas licencias permiten el uso del software solamente para ciertos usos específicos, por ejemplo para docencia pero no para trabajo profesional	No existen limitaciones en cuanto al uso que se dé al software
Típicamente este tipo de licenciamiento no permite realizar copias del software y distribuirlas ya sea dentro del lugar de trabajo, o a otras instituciones	No existen limitaciones en cuanto a realizar copias del software y distribuirlas
Típicamente no se tiene acceso al código fuente del software con este tipo de licenciamiento por lo que no se puede mejorar o corregir algún error	La licencia de software libre o de código abierto asegura al usuario el derecho a tener acceso al código fuente, modificarlo y distribuirlo
Algunas licencias de software de servidor permiten un límite máximo de usuario conectados, si se requiere tener derecho a tener más usuarios conectados se debe adquirir un nuevo licenciamiento	No existen limitaciones, más allá de las técnicas, en cuanto a la cantidad de usuarios conectados simultáneamente

Fuente: elaboración propia.

Podemos mencionar como ejemplo que en el mundo del súper-cómputo el software libre es el software de elección, en particular, en la lista de las 500 súper-computadoras más potentes del mundo, aproximadamente un 90% de ellas utilizan el sistema operativo libre GNU/Linux, de hecho el *top ten* de la lista utiliza como sistema operativo alguna de las distribuciones de dicho sistema.

Servicios web geográficos estandarizados

Como se ha mencionado, MxSIG utiliza y apoya el desarrollo de servicios de mapas web estandarizados. Su arquitectura orientada en servicios está basada en buena medida en especificaciones técnicas del OGC (Open Geospatial Consortium), como WMS (Web Map Service) y WMTS (Web Map Tile Service), entre otros.

El Open Geospatial Consortium (OGC es un actor que a lo largo de los años cobra cada vez mayor importancia. Es una organización sin fines de lucro conformada por más de 500 compañías, agencias de gobierno y universidades, cuya misión es avanzar en el desarrollo y uso de estándares internacionales que promuevan la interoperabilidad geoespacial.

Quizá su especificación más conocida es el OpenGIS(R) Web Map Service Interface Standard (WMS), la cual provee mecanismos para invocar a través de HTTP imágenes de mapas a partir de una o más bases de datos geoespaciales. Una petición WMS debe especificar las capas geográficas y el área de interés a ser procesada, la respuesta a la petición es un mapa en un formato de imagen común (JPEG, PNG, etc.). En particular, la versión 1.3 de la especificación WMS y el ISO 19128 son los mismos documentos.

La importancia de que MxSIG implemente servicios estandarizados es que lo convierte en interoperable con casi cualquier otro software, lo cual permite utilizarlo para implementar, o ser parte de Infraestructuras de Datos Espaciales a cualquier escala: local, nacional, regional o global.

Qué están haciendo otros institutos geográficos en el mundo

La mayoría de los institutos geográficos en el mundo cuentan con mapas web con los que permiten a los usuarios consultar la información geográfica que producen. Algunos ejemplos son “Cartociudad” del Instituto Geográfico Nacional de España, el *Géoportail* del Institut National de l’Information Géographique et Forestière de Francia, o el visualizador de *The National Map* del U.S. Geological Survey, entre otros.

Los diferentes institutos utilizan una variedad de software para implementar sus mapas web, pero existe la tendencia creciente de utilizar software libre o de código abierto geográfico (FOSS4G).

Los mapas web mencionados como ejemplo tienen diferentes grados de desarrollo, con más o menos funcionalidades, sin embargo un punto común es que hacen un amplio uso de componentes de software libre o de código abierto. Destaca entre esos componentes el software Openlayers, una potente librería de javascript con licenciamiento de código abierto o de software libre que permite construir visualizadores de mapas web y que es compatible con una gran cantidad de servicios estandarizados.

Características y ventajas de MxSIG

Técnicamente la plataforma de software de MxSIG es muy similar a otras existentes en los aspectos básicos:

- Interfaz de visualización de mapas desarrollada en JavaScript que funciona en los principales navegadores web.
- Implementación de los mecanismos necesarios para realizar acercamientos, alejamientos y desplazamientos.
- Servicios del mapa base basados en mosaicos (*tiles*) para eficientar el despliegue.
- Manejo de coordenadas.

Sin embargo, MxSIG tiene algunas funcionalidades adicionales que no son típicas de visualizadores web, entre ellas destacan las siguientes:

- Operaciones de análisis espacial. MxSIG puede realizar operaciones de análisis espacial como áreas de influencia, intersecciones, etc.
- Generar servicios estandarizados OGC. La arquitectura de MxSIG está construida desde la base pensando en servicios estándares, puede ser tanto proveedor como consumidor de dichos servicios.
- Soporta servicios de terceros. MxSIG puede conectarse a servicios de mapas de terceros, entre ellos los servicios de imágenes de satélite de Google, de Bing o de ESRI, el servicio de mapas de OpenStreetMap, etc.
- Facilidad para la actualización de rasgos geográficos. Al utilizar como repositorio de información un manejador de bases de datos geoespaciales es posible actualizar de manera directa los objetos geográficos almacenados, tanto en sus atributos como en su geometría.

Existen más funcionalidades avanzadas del MxSIG (edición de geometrías, carrusel temático, línea de tiempo, transparencia dinámica, mapas temáticos dinámicos, etc.) pero quizá los puntos más fuertes sean los siguientes:

- El mapa base está construido con la información geográfica oficial de México (INEGI), y este se mantiene actualizado a medida que se generan nuevas versiones de la información en las líneas de producción del Instituto.
- El software que lo sustenta es software con licencia de código abierto o desarrollo propio. Esto genera una independencia tecnológica en comparación a otras soluciones y permite que el futuro y la evolución del proyecto sean dirigidos por el Instituto. Esto ha permitido, como se mencionó antes, utilizar la plataforma en proyectos en colaboración con otras instituciones, incluso internacionales.

Quizá este último aspecto, junto con la necesidad de tener esquemas interoperables basados en estándares abiertos, es el que haya decidido a instituciones geográficas como las de España, Francia y Estados Unidos a implementar sus mapas web con soluciones de software libre o de código abierto aún existiendo software propietario con características similares.

Conclusión

Con el desarrollo y publicación de la plataforma de software MxSIG, el INEGI da un paso hacia “geohabilitar” la Web, las posibilidad de acceso de información geográfica a través de Internet genera una gran fuente de información aplicable a varias áreas de conocimiento.

MxSIG puede ser la plataforma de software sobre la que se sustente una Infraestructura de Datos Espaciales o integrarse a una existente.

Al utilizar en la plataforma MxSIG software con licenciamiento de software libre o de código abierto se permite su utilización en prácticamente cualquier contexto y por cualquier actor, desde un docente enseñando en la universidad alguna materia de geomática hasta un gobierno implementando sistemas de mapas dinámicos para dar servicios de información a sus ciudadanos.

Referencias

- <<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/>>.
- <<http://geowebcache.org/>>.
- <<http://mapserver.org/>>.
- <<http://foss4g.org>>.
- <<https://openlayers.org/>>.
- <<https://postgis.net/>>.
- <<https://wiki.osgeo.org/wiki/FOSS4G>>.
- <<http://www.cartociudad.es/visor/>>.
- <<https://www.fsf.org/>>.
- <<http://www.geoportail.gouv.fr/accueil>>.
- <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/>>.
- <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/MxSIG>>.
- <<http://www.opengeospatial.org/>>.
- <<https://opensource.org/>>.
- <<https://www.osgeo.org/>>.
- <<https://www.postgresql.org/>>.
- <<http://www.top500.org>>.