



*Certificación ISO 9001:2008 ‡*

---

---

# **APLICACIÓN GEOINFORMÁTICA PARA DISPOSITIVOS MÓVILES CON FINES DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL DEL TRANSPORTE**

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

**Publicación Técnica No. 432  
Sanfandila, Qro. 2015**



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**APLICACIÓN GEOINFORMÁTICA PARA  
DISPOSITIVOS MÓVILES CON FINES DE  
GESTIÓN DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL  
DEL TRANSPORTE**

**Publicación Técnica No. 432  
Sanfandila, Qro. 2015**

---



Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Ingeniería Portuaria y Sistemas Geoespaciales por la Ing. 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 Tecnología de Internet y conectividad	3
1.2 Tendencias de la tecnología móvil: smartphones o teléfonos inteligentes	3
1.3 Sistemas operativos para dispositivos móviles	11
1.4 Aplicaciones para dispositivos móviles	12
1.5 El sistema operativo Android para dispositivos móviles	13
1.6 Lenguajes de programación para desarrollo de aplicaciones móviles para Android	14
1.7 Metodología actual para la gestión y captura en campo de información geoespacial del transporte	15
1.8 Modelo de captura de información geoespacial con base en una aplicación instalada en un Smartphone o teléfono inteligente	16
Capítulo 2    Desarrollo de la aplicación geoinformática	21
2.1 Determinación de requerimientos	21
2.2 Herramientas de software y hardware	22
2.3 Diseño de la aplicación	25

---

2.3.1	Requerimientos de funcionalidad	25
2.3.2	Diagrama general de funcionalidad	26
2.3.3	Descripción de los datos de captura mediante la aplicación	27
2.3.4	Diseño inicial de pantallas (interfaz de usuario)	28
2.3.5	Diseño y programación en el software Eclipse	32
2.3.6	Creación de la base de datos en SQLite	34
2.4	Pruebas de desempeño	38
Capítulo 3	Conclusiones	49
Bibliografía		

# Resumen

---

En el presente trabajo se describen las principales etapas de diseño y desarrollo de una aplicación geoinformática para dispositivos móviles, mediante la cual se facilitan las tareas de gestión de la información geoespacial del transporte. Teniendo en cuenta que las tendencias en cuanto al desarrollo de aplicaciones de tipo geográfico se orientan principalmente a servicios ofrecidos a través de la Web y que su consumo mediante dispositivos móviles va en aumento, se propone el uso de la aplicación desarrollada en operaciones tales como captura, proceso y transferencia de información geográfica del sector transporte. Se realizó una evaluación de las ventajas que representa el sistema operativo Android así como las herramientas de programación necesarias para la realización de aplicaciones móviles que permitan gestionar información geoespacial.





# Abstract

---

The present work describes the main stages of design and development of a mobile application whereby management tasks of transport geospatial information are facilitated. Given the trends in the development of geographic applications are mainly oriented to services offered through the Web and its use by mobile devices is increasing, the use of the application developed is proposed in operations such as capturing, processing and transferring geographic information in the transport sector. An assessment was performed of the advantages of the Android operating system and programming tools necessary for carrying out mobile applications that allow managing geospatial information.



## Resumen ejecutivo

---

Esta investigación tuvo como objetivo general desarrollar una aplicación geoinformática con funciones para capturar, visualizar, procesar y transferir información geográficamente referenciada del transporte mediante dispositivos móviles, como una herramienta que permita el aprovechamiento de las tendencias en cuanto al desarrollo de aplicaciones de tipo geográfico, las cuales, en tiempos recientes, están orientadas principalmente a ser servicios que se ofrecen a través de la Web y enfocadas en su visualización a través de dispositivos móviles.

El software o soporte programático en el que se llevaron a cabo las tareas principales en cuestión de desarrollo de la aplicación fue la plataforma Eclipse, en la cual se configuraron las herramientas para desarrollador de Android (ADT, Android Developer Tools). Se requirió la instalación tanto el SDK (Software Development Kit) de Android como del Java SE Development Kit (JDK).

En cuestión de software para bases de datos, se utilizó SQLite para crear la base de datos en la que se almacenan los datos en el dispositivo móvil. Para el caso del servidor se implementó el software MySQL.

Mediante las herramientas de software señaladas, se diseñó y se llevó a cabo el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android, la cual permite realizar el registro georreferenciado de infraestructura de transporte como puede ser un tramo de carretera, un puente, una marca de kilómetro o un banco de material. Una vez que se registran los datos, estos pueden ser transferidos a un servidor en Internet donde se almacenan en una base de datos desde la cual es posible consultarlos y visualizarlos utilizando un visor de la aplicación Google Earth.

Se considera además que los resultados obtenidos con el desarrollo de este proyecto son de gran utilidad, y que pueden ser tomados como base para futuras implementaciones de aplicaciones así como para lograr mejores resultados gracias al uso y mejor acceso a datos tan importantes como lo son los relacionados con el transporte, que resultan ser un factor clave en la toma de decisiones relacionadas con este sector.

# Introducción

---

En la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y en particular en la Subsecretaría de Infraestructura se han realizado con el liderazgo del Instituto Mexicano del Transporte diversos proyectos y acciones para insertar organizacionalmente el uso y aprovechamiento de las geotecnologías en apoyo a sus procesos y funciones sustantivas (INIT 1994-96; SIGET; SIG-SCT; INIT 1997-98 ed.2011). Tales esfuerzos se conjugan en la versión 2.0 del SIGET (en desarrollo desde el 2013).

Para la SCT resulta de gran importancia contar con información precisa y actualizada sobre la localización y condiciones de la infraestructura. Tal como lo señala Backhoff (2002: 1), “en la actualidad, los procesos de planeación, organización, gestión, evaluación y operación en el Sector Transporte exigen sistemas eficientes de manejo y análisis de información, en términos de velocidad de procesamiento, capacidad de almacenamiento, versatilidad y confiabilidad. Para aspirar a cumplir lo anterior, resulta indispensable, como elemento de partida, disponer de mecanismos que garanticen la generación y el acopio del insumo esencial para que el sistema funcione, esto es, los datos”. De acuerdo a lo anterior, la implementación de tecnología móvil podría representar una oportunidad para el mejor aprovechamiento de los SIG al interior de las áreas operativas de la SCT que permitiría una mejor gestión tanto de datos, como de recursos financieros.

Los productos derivados por el SIGET 2.0 resumidos en la conformación de una muy amplia estructura de bases de datos geoespaciales, actividades y aplicaciones específicas con información sectorial actualizada y la visualización multitemática vía Internet, han representado un gran avance en cuanto a implementación de tecnologías geoespaciales en la SCT, pero aún no se logra su total incorporación a las tareas y procesos que se realizan principalmente en los centros SCT. De ahí la importancia de continuar con el desarrollo de herramientas que acerquen más este tipo de tecnología y hagan los datos más accesibles y faciliten su gestión. Implementar la tecnología móvil en el aprovechamiento de los SIG principalmente al interior de las áreas operativas SCT permitiría una mejor gestión tanto de datos, como de recursos financieros.

De acuerdo a lo que señala Pérez (2009), actualmente es viable la implementación de dicha tecnología para realizar tareas que hasta hace unos años sólo era posible llevar a cabo con una computadora de escritorio gracias a los avances que se han logrado en esta materia. El mismo autor hace mención de

los cambios que han sufrido tanto las aplicaciones como los teléfonos celulares clasificados ahora como dispositivos móviles, que en un principio tenían como función principal la realización de llamadas y envío de mensajes de texto cortos y actualmente el rango de uso se ha extendido a varios campos como el audiovisual y la navegación por Internet debido a los avances tecnológicos en cuanto a hardware.

Con base en el hecho de que las tendencias en cuanto al desarrollo de aplicaciones de tipo geográfico se orientan principalmente a servicios ofrecidos a través de la Web y que su consumo mediante dispositivos móviles va en aumento, en la Unidad de Sistemas de Información Geoespacial se planteó el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles que cuente con las funciones para capturar, procesar y transferir información geográfica del sector transporte con el propósito de contribuir con información precisa, actual y confiable para la mejor toma de decisiones.

Se eligió la plataforma Android para llevar a cabo el desarrollo de la aplicación, por ser un Sistema Operativo totalmente de código abierto y que en años recientes se ha colocado como uno de los principales sistemas instalados en los teléfonos móviles que se distribuyen en todo el mundo [1].

# **1 Antecedentes**

---

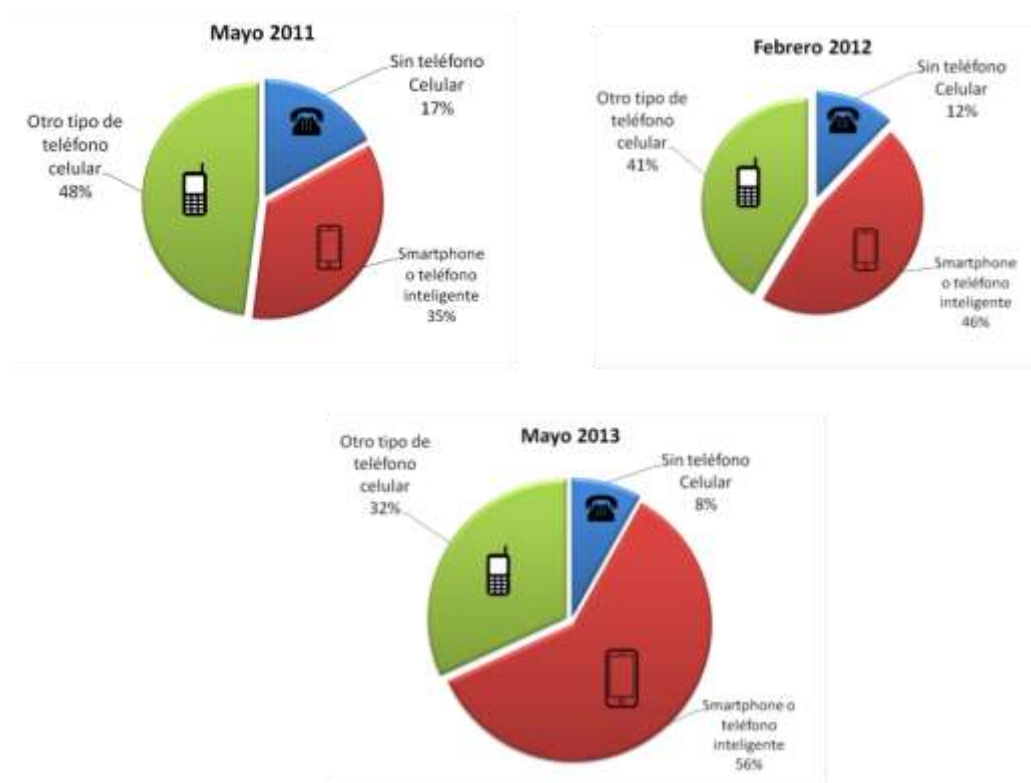
## **1.1 Tecnología de Internet y conectividad**

Es incuestionable la importancia que tiene el Internet en nuestros días. Como parte de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), en los últimos años se ha probado el impacto positivo que ha tenido en muchos sectores tanto económicos como sociales. Lo anterior se observa principalmente en los países considerados como desarrollados, donde se ha invertido una gran cantidad de recursos para crear, fortalecer y hacer crecer toda una infraestructura de comunicaciones, permitiendo así un nivel de conectividad difícil de alcanzar para los países en desarrollo como es el caso de México. Sin embargo una parte de la industria de las TIC que corresponde a la telefonía móvil ha tenido un mayor crecimiento en este tipo de economías lo que ha permitido incrementar la conectividad y el acceso a la tecnología incluso en países considerados como pobres (UNCTAD, 2010).

## **1.2 Tendencias de la tecnología móvil: smartphones o teléfonos inteligentes**

De acuerdo a los resultados de estudios realizados sobre el estado de la tecnología móvil para el primer cuarto del 2014 se tienen 6.8 billones de suscripciones a servicios de telefonía móvil. Se estima que el crecimiento en este rubro en todo el mundo ha sido de 7 por ciento año con año. En cuanto a las suscripciones a servicios de banda ancha móvil, el crecimiento ha sido aún más rápido, a una tasa del 35 por ciento año con año hasta el mismo periodo del 2014 llegando a 2.3 mil millones de suscripciones (Ericsson, 2014).

## Tendencias de incremento en la propiedad de Smartphones o teléfonos inteligentes



**Figura 1.1 Incremento en el porcentaje de número de usuario que poseen un Smartphone del 2011 al 2013**

Fuente: Elaboración propia con datos de [17]

Como se muestra en la Figura 1.1, hasta el mes de mayo de 2013 se mantuvo el crecimiento en el número de usuarios que poseen un Smartphone o teléfono celular inteligente. Este tipo de dispositivos se contabilizan en 65 por ciento del total de teléfonos móviles que fueron vendidos en el primer cuarto del año 2014, que en comparación con el mismo periodo del año 2013, estos representaban el 50 por ciento. En cuanto a suscripciones a servicios de telefonía móvil, la gama de los Smartphones alcanzó la cifra de 1.9 billones en 2013 y se estima su crecimiento hasta 5.6 billones en 2019. Lo anterior, se debe en parte a la disponibilidad de este tipo de teléfono en un rango de precios muy bajo (Ericsson, 2014).



En el caso de otros tipos de dispositivos móviles, como computadoras portátiles y tabletas electrónicas se espera un crecimiento de 300 millones de suscripciones a servicios de comunicación móvil para el año 2013 a cerca de 700 millones para 2019. En la gráfica mostrada en la Figura 1.2 se observan las estimaciones del crecimiento en cuanto a suscripciones por tipo de dispositivos.



**Figura 1.2 Crecimiento en la distribución de dispositivos móviles por tipo**

Fuente: Elaboración propia con datos de ERICSSON, 2014

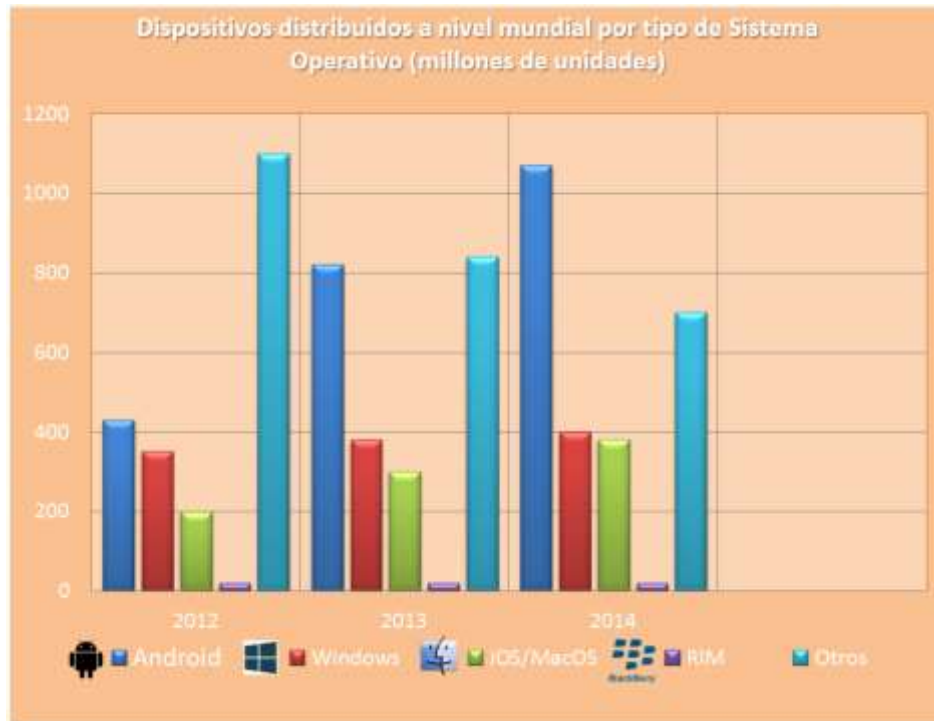
En lo que se refiere al tiempo necesario para que un medio de comunicación alcance un determinado número de usuarios, es de resaltar que una aplicación para dispositivos móviles que resulte de utilidad en un promedio de 50 días puede alcanzar hasta 50 millones de usuarios mientras que la radio tardó 38 años para conseguir ese mismo número.



**Figura 1.3 Tiempo que se ha tomado la adopción de las diferentes tecnologías de comunicaciones**

Fuente: Elaboración propia con datos de [17]

En cuanto al sistema operativo instalado en los teléfonos móviles que han sido distribuidos a todo el mundo, Android ha mantenido su crecimiento hasta rebasar 800 millones de unidades totales y de acuerdo a las tendencias para el año 2014 superará los mil millones.



**Figura 1.4 Gráfica que muestra los cambios ocurridos en los últimos años en cuanto al sistema operativo instalado en dispositivos de tipo Smartphone**

Fuente: [17]

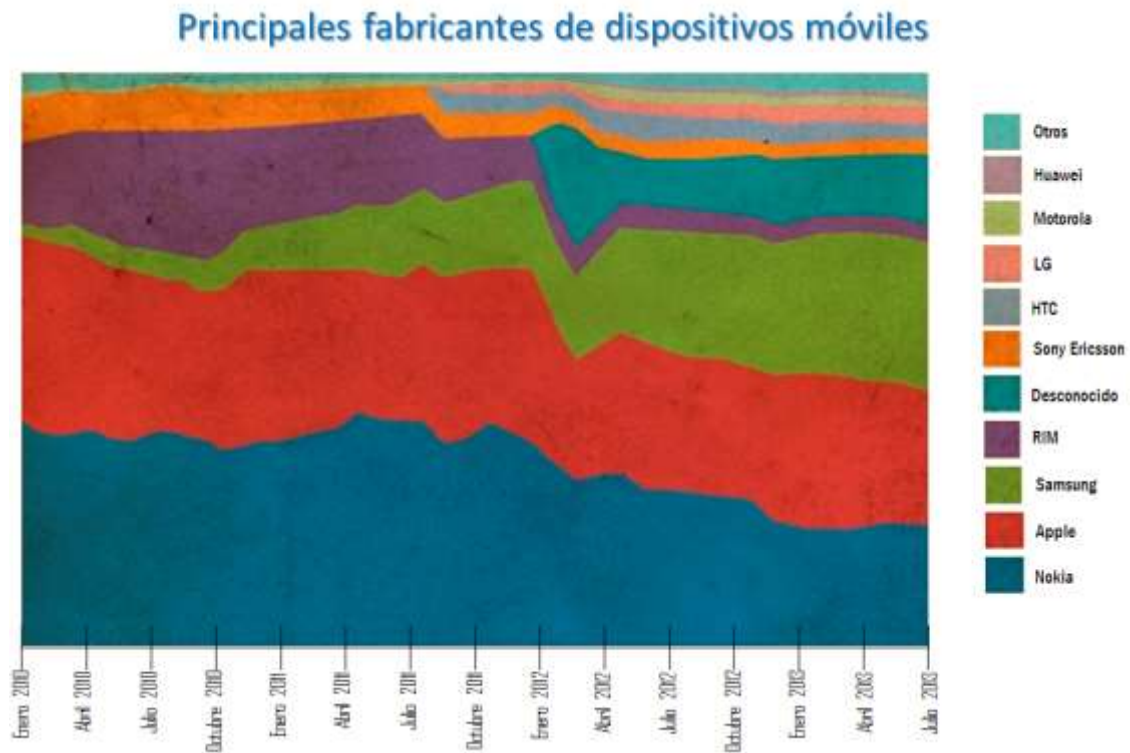
Es notable cómo en un periodo de tiempo relativamente corto, Android como sistema operativo, ha desplazado a iOS y Symbian. Estos últimos, tal como se puede apreciar en la Figura 1.5, de ser en 2010 de los sistemas operativos dominantes, para el mes de julio de 2013 se ubican en el segundo y tercer puesto respectivamente.



**Figura 1.5 Gráfica que muestra el crecimiento del sistema operativo Android con respecto a otros sistemas operativos en el mercado**

Fuente: [17]

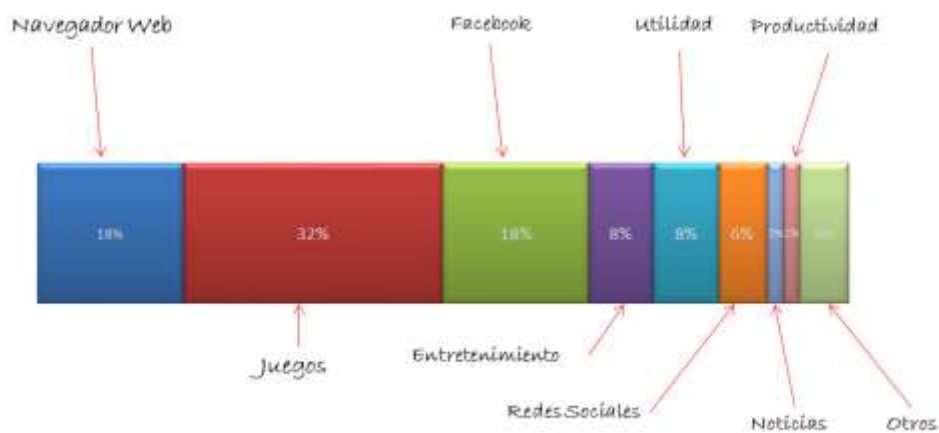
Hasta principios de 2012 Nokia fue la marca de dispositivos móviles con mayor venta a nivel mundial, a partir de entonces ha sido desplazada por Apple y Samsung. Esta última marca para los mismos años tenía una pequeña cuota de mercado y para julio de 2013 ha llegado a superar a Apple situándose en el top de los mayores vendedores de equipos móviles



**Figura 1.6 Gráfica que muestra el posicionamiento en el mercado de los diferentes proveedores de dispositivos móviles en los últimos años**

Fuente: [17]

En tiempos recientes es común emplear un teléfono móvil para realizar un sinnúmero de actividades relacionadas con navegar en Internet. En promedio, un 50% de los usuarios de dispositivos móviles a nivel mundial ahora utiliza un teléfono como medio primario o exclusivo para conectarse a la red. Como resultado de diversos estudios, se estima que un usuario promedio utiliza activamente 6.5 aplicaciones en su dispositivo móvil a lo largo de un periodo de 30 días, lo que lleva a determinar que cerca de un 80% del tiempo de uso del dispositivo móvil sea empleado en la utilización de las aplicaciones. En la figura 1.7 se muestra un ejemplo de la distribución del tiempo total empleado por usuarios de dispositivos móviles iOS y Android cuando estos se conectan a la red.



**Figura 1.7 Distribución del tiempo empleado por los usuarios cuando éstos se conectan a la red mediante un dispositivo móvil**

Fuente: Elaboración propia con datos de [17]

La adopción de la Web móvil está creciendo ocho veces más rápido en comparación a la forma en la que se adoptó en los años 90's y en los años cercanos 2000.

El tráfico móvil a nivel global ahora representa el 15% del tráfico total en Internet. Para mediados del 2013 se tienen más de 1.2 billones de personas que se conectan a la Web desde sus dispositivos móviles. El 28.85% de todos los emails se abren desde un teléfono móvil mientras que el 10.16% es visualizado en una Tablet.

## 1.3 Sistemas operativos para dispositivos móviles

El mercado de los dispositivos móviles presenta una gran diversidad en cuanto a sistemas operativos. Las empresas fabricantes de estos dispositivos tales como RIM (Research In Motion) o Apple han desarrollado su propio sistema operativo. Se encuentran también opciones multidispositivo como Windows o Android. Cabe señalar que inicialmente algunos de estos sistemas operativos fueron pensados para Smartphones pero han sido adaptados para su funcionamiento en otros tipos de dispositivos tales como tabletas o lectores de libros electrónicos. A continuación se describen los principales sistemas operativos para dispositivos móviles.

**Android.** Es un sistema operativo para dispositivos móviles basado en una versión modificada del kernel de Linux. El desarrollo para este sistema se lleva a cabo principalmente en el lenguaje Java y el control del dispositivo se realiza mediante librerías Java desarrolladas por Google.

Android se da a conocer en noviembre de 2007 con la fundación de la Open Handset Alliance, un consorcio de 79 compañías de hardware, software y telecomunicaciones, con el objetivo de desarrollar estándares abiertos para dispositivos móviles. Google lanzó la mayor parte del código Android bajo la licencia Apache, una licencia de software libre y código abierto (Prieto, 2011).

Este sistema operativo “consiste en aplicaciones Java que se ejecutan en un framework de aplicaciones basado en Java y orientado a objetos encima de librerías base Java que se ejecutan en una máquina virtual Dalvik, la cual realiza compilación Just In Time (JIT). También hay librerías escritas en C que incluyen el gestor de superficie, el OpenCore Media Framework, el gestor de la base de datos relacional SQLite, la API gráfica 3D OpenGL ES 2.0, el WebKit layout engine, el motor gráfico SGL (Scene Graph Library), SSL y Bionic libc” (Prieto, 2011). El Sistema Operativo Android está conformado de doce millones de líneas de código que incluyen tres millones de líneas de XML, 2.9 millones de líneas de C, 2.1 millones de líneas de Java y 1.75 millones de líneas de C++.

Desde su lanzamiento Android ha tenido varias actualizaciones. En cada actualización generalmente se solucionan fallas y se añaden nuevas funcionalidades. Estas actualizaciones generalmente representan una nueva versión del SO y se les ha asignado un nombre inspirado en un postre.

**iOS.** Comprende el Sistema operativo y las tecnologías que se usan para ejecutar aplicaciones de forma nativa en dispositivos como iPad, iPhone y iPod touch de Apple. Se diseñó para cubrir las necesidades de un entorno móvil, donde las necesidades de los usuarios pueden ser diferentes a los usuarios de Mac OS X del cual comparte una herencia común.

Este sistema operativo aparece en el 2007 junto con el iPhone en el MacWorld Conference & Expo. Inicialmente fue nombrado tan solo como iPhone OS. En junio de 2010 Apple lo renombró como iOS siendo la versión 4 la primera versión lanzada como actualización gratuita.

En cuanto al desarrollo de aplicaciones para iOS, estas tienen que estar escritas y compiladas específicamente para iOS y la arquitectura ARM. Actualmente se cuenta con un SDK (Software Development Kit) el cual fue lanzado en 2008 y permite a los desarrolladores hacer aplicaciones para el iPhone y el iPod Touch. El entorno de desarrollo para el iOS es el Xcode en el cual se emplea el lenguaje de programación Objective-C.

**BlackBerry OS.** Es un Sistema operativo móvil desarrollado por la empresa RIM (Research In Motion) para los dispositivos Blackberry. Entre sus principales características se encuentra su capacidad multitarea así como soporte para diferentes métodos de entrada adoptados por RIM para su uso en computadoras de mano, particularmente la *trackwheel*, *trackball*, *touchpad* y pantallas táctiles.

## 1.4 Aplicaciones para dispositivos móviles

El Centro de Innovación y Diseño Digital (CIDD) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) define una aplicación móvil como un software escrito para dispositivos móviles que realiza una tarea específica, como un juego, un calendario, un reproductor de música, etc. Dicho software o aplicaciones, también se conocen como “aplicaciones nativas”, las cuales son diseñadas específicamente para ejecutarse en el sistema operativo de un dispositivo. Otra clasificación de aplicación móvil, son las aplicaciones Web o de navegador. En este tipo de aplicaciones la totalidad o algunas partes de los programas se descargan de la Web cada vez que se ejecuta. Por lo general, se puede acceder desde todos los dispositivos móviles con capacidad para conectarse a Internet.

De acuerdo a estadísticas no oficiales de distintas fuentes, se sugiere que debe haber alrededor de 400 mil aplicaciones nativas entre los distintos proveedores y operadores. Estimaciones fiables sobre el número total de aplicaciones Web para móviles son más difíciles de conseguir. Sin embargo, se cree que es mucho menor: al respecto se tiene el dato de que se listan alrededor de 5 mil aplicaciones Web en la tienda de Apple (CIDD, 2012).

En lo que respecta al desarrollo de aplicaciones móviles existen dos tendencias que tienen que ver directamente con la plataforma para la que se desarrolla la aplicación, la cual puede ser nativa del dispositivo móvil o desarrollo Web multiplataforma. En el caso de las plataformas nativas se trata de la programación en lenguajes como Objective-C que es el indicado para el sistema operativo móvil iOS de los iPhone, así como Java en cual se desarrollan las aplicaciones para Android o Blackberry (Prieto,2011).



## **1.5 El sistema operativo Android para dispositivos móviles**

El incremento en el uso de dispositivos móviles, principalmente los teléfonos celulares ha traído un cambio significativo en cuanto a la dinámica como se desenvuelven las comunicaciones en nuestra sociedad. Tan solo en unos cuantos años, un teléfono móvil ha llegado a tener una funcionalidad muy similar a una computadora de escritorio común. Actividades como revisar el correo electrónico o navegar por Internet se han vuelto más sencillas y fáciles de realizar desde un dispositivo móvil, con la ventaja además, de que éste puede llevarse todo el tiempo en el bolsillo.

El lanzamiento de Android como una alternativa a las plataformas más conocidas tales como iPhone o Blackberry generó gran expectación, y su aceptación tanto por parte del usuario final como de la industria va en constante aumento (Gironés, 2013).

Algunas de las características que convierten Android en una verdadera alternativa tanto como sistema operativo, así como plataforma para desarrollar nuevas aplicaciones se listan a continuación:

- Plataforma abierta: basada en Linux y de código abierto. Es totalmente libre de uso y se puede personalizar sin costos extras.
- Se adapta a cualquier tipo de hardware.
- Se asegura la portabilidad. Debido al desarrollo en Java, las aplicaciones desarrolladas podrán ser ejecutadas en cualquier tipo de CPU.
- La arquitectura está basada en componentes inspirados en Internet.
- Filosofía de dispositivo siempre conectado a Internet.
- Incorporación de gran cantidad de servicios. Ejemplo: Localización basada en GPS y en redes, bases de datos con SQL, navegador, multimedia, etc.
- Nivel de seguridad aceptable: Los programas y aplicaciones se encuentran aislados unos de otros gracias al concepto de ejecución dentro de una caja que hereda de Linux. Cada aplicación dispone de una serie de permisos que limitan su rango de actuación.
- Optimizado para baja potencia y poca memoria.

Alta calidad de gráficos y sonido.

## 1.6 Lenguajes de programación para desarrollo de aplicaciones móviles para Android

**Java.** El lenguaje de programación Java fue creado en el año de 1991 por desarrolladores de la empresa Sun Microsystem. Inicialmente el nombre que se le dio fue OAK, cambiando a Java en 1995. Se lanzó como un lenguaje en el que los programas desarrollados en él podían correr en cualquier plataforma. Para que lo anterior se logre, Java se debe ejecutar en una máquina virtual o un programa que simula una máquina abstracta, que funciona aislando al programa que se ejecuta sobre ella de los distintos hardware y sistemas operativos. Parte del éxito de Java ha sido gracias a la tecnología de Internet. En un principio se popularizó mediante las *Applets*, las cuales eran pequeñas aplicaciones que eran insertadas en las páginas Web y que se ejecutaban desde el navegador Web. La siguiente área donde Java incrementó su uso fue en las aplicaciones del lado del servidor, donde por medio de componentes conocidos como Servlets superó a otras tecnologías y se posicionó como la tecnología por excelencia para las aplicaciones Web empresariales.

Hasta el momento, Java es una de las tecnologías de programación más importantes y se encuentra disponible para casi todas las plataformas, desde aplicaciones de escritorio, aplicaciones de servidor y en teléfonos celulares en los cuales se emplea una versión micro de Java.

Android, uno de los sistemas operativos para dispositivos móviles de mayor crecimiento en los últimos años está basado en Java lo que hace que una gran parte, si no es que todas las aplicaciones para dispositivos con SO Android estén hechas utilizando este lenguaje (Vivona, 2012)

### **SDK Android**

SDK (Software Development Kit, Kit de Desarrollo de Software).

Android es una plataforma basada en Linux de la Open Handset Alliance, esta última conformada por 34 de las principales compañías de software y hardware que le dan soporte entre las que se encuentran Google, HTC, Motorola, Qualcomm y T-Mobile (Prieto, 2011).

## **1.7 Metodología actual para la gestión y captura en campo de información geoespacial del transporte**

Derivado de la creciente necesidad en el Sector Transporte por obtener información precisa y actualizada sobre la localización de la infraestructura y de sus atributos asociados, características y condiciones de la misma, el IMT en coordinación con la Dirección General de Planeación y 31 Centros SCT de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) llevó a cabo el levantamiento del Inventario Nacional Georreferenciado de Infraestructura para el Transporte (INIT), mediante el empleo de receptores GPS para el registro en campo de información geográficamente referenciada y de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el procesamiento posterior de los datos y programación de la interfaz para usuario final.

Coordinado por el IMT el levantamiento del INIT se realizó entre 2007 y 2008 en dos etapas, la primera de ellas consistente en el diseño y captura, mientras que en la segunda se realizó la integración de la base de datos y al SIG.

La etapa de captura se subdivide a su vez en tres fases:

### **Fase I. Logística y Capacitación**

En esta fase resulta de gran importancia el papel desempeñado por la Dirección General de Planeación de la SCT quienes además de brindar apoyo logístico y de organización, asignan los recursos necesarios para que las brigadas de cada centro SCT lleven a cabo los levantamientos.

### **Fase II. Levantamiento en campo (carreteras pavimentadas)**

Para llevar a cabo los trabajos de georreferenciación de las carreteras pavimentadas, se requiere el apoyo de cada uno de los Centros SCT en los estados. En cada Centro se conforman una o dos brigadas de tres personas, las cuales son equipadas con un equipo GPS configurado debidamente para realizar los registros y un vehículo en el cual se llevan a cabo los recorridos en campo.

El equipo utilizado por cada brigada es un receptor GPS "Trimble GeoXM" o "Juno ST", mediante el cual se realiza la captura de los registros de posición (latitud, longitud y altitud) a intervalos de un segundo, mediante el recorrido de la red de carreteras pavimentadas del país. El software utilizado para la captura de información es ArcPad de ESRI. Las plantillas de captura fueron diseñadas en el IMT.

En función de la extensión y complejidad de la red de carreteras a registrar en el inventario georreferenciado se determina la velocidad de levantamiento, siendo preferible una velocidad de 60 - 80km/h.

### **Fase III. Procesamiento y edición de información geoespacial. Integración funcional al SIGET**

En el inventario que se realizó durante los años 2007/2008 se estimó el registro de más de 120,000km de carreteras así como sus atributos asociados siguiendo la metodología descrita, y se sigue de igual manera para los procesos de actualización y registro de nuevos tramos.

Como un ejemplo del procesamiento y edición de datos se tiene el realizado durante el año 2011 para el INIT 2007/2008, el cual consistió en la corrección de las inconsistencias y errores producto de los problemas de recepción de la señal GPS. Dicha corrección se llevó a cabo mediante la sobreposición y correlación espacial del trazo de las carreteras en la cobertura de ortofotos escala 1:20,000 del INEGI, corroboradas, cuando correspondía, en imágenes satelitales SPOT y con información de Google Earth.

Además, se estructuró la base de datos geoespacial asegurando la conectividad, continuidad en el cruce de las localidades y topología de redes, configurándose así 138,264km de carreteras pavimentadas del país.

La edición 2011 comprendió también la corrección de la ubicación georreferenciada de 3 rasgos puntuales, a saber: Puentes, Marcas de KM y Plazas de cobro, de tal manera que se asegure su correspondencia con el trazo lineal de la carretera.

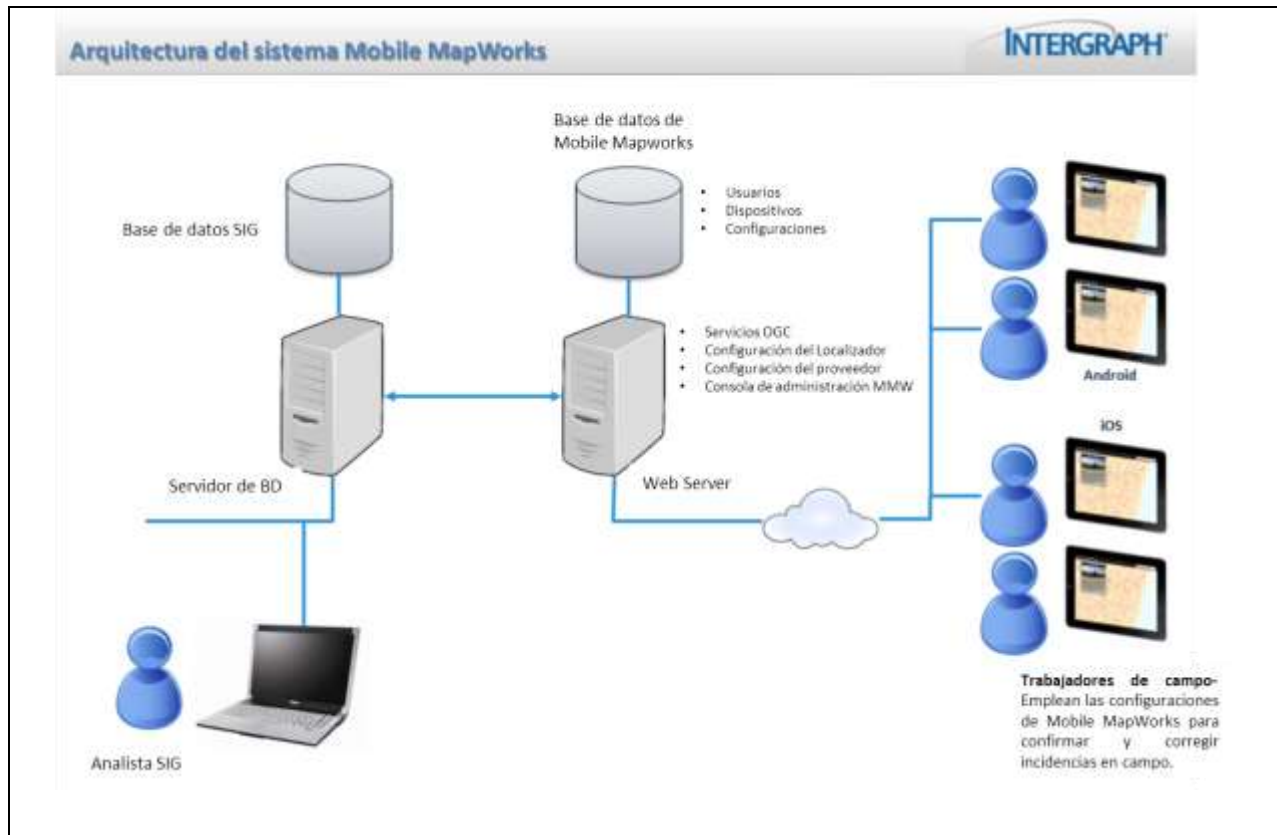
## **1.8 Modelo de captura de información geoespacial con base en una aplicación instalada en un Smartphone**

En la actualidad son varias las aplicaciones existentes mediante las cuales se puede llevar a cabo la georreferenciación y captura de datos de diferente índole. La mayoría de estas aplicaciones han sido desarrolladas para funcionar en un Smartphone mientras que otras requieren ser instaladas en una Tablet. La información que es posible de capturar va desde la ubicación de elementos de infraestructura de una red de agua potable, hasta registro de daños e incidencias en caso de desastres naturales.

Aplicaciones como MapWorks y ArcGIS Collector desarrolladas por Intergraph y ESRI respectivamente forman parte de una completa suite de productos de software que conforman un Sistema de Información Geográfica en el que dichas aplicaciones tienen como objetivo apoyar al personal de campo de grandes organizaciones públicas y privadas en la verificación, edición y captura de nuevos

registros que posteriormente pueden ser visualizados a través de una aplicación Web o software de escritorio.

La siguiente imagen muestra la arquitectura del sistema en el que funciona la aplicación MapWorks.



**Figura 1.8 Arquitectura del sistema Mobile MapWorks**

Fuente: [3]

Cabe señalar que para que el usuario aproveche el sistema de manera completa, debe adquirir el software Mobile MapWorks que se instala en un servidor desde el cual es posible realizar la administración de los datos capturados mediante la aplicación. Aún cuando la aplicación se encuentra disponible de manera gratuita y se pueden llevar a cabo pruebas de captura de elementos, para poder visualizar o manipular posteriormente estos datos se requiere acceso al software mencionado [4].

Un caso de estudio, en el que se utiliza con éxito MapWorks es en el *Henry County Water Authority* (HCWA), Autoridad del Agua del Condado de Henry. El principal objetivo del HCWA es proveer y mantener adecuadamente el suministro y sistema de agua. Mediante MapWorks instalada en una Tablet Android o iOS, el personal de campo tiene acceso a información propia de la organización

consistente en la ubicación y conectividad de las líneas y válvulas de agua de manera que en caso de cortes debidos a la reparación o mantenimiento de alguna de ellas, es posible determinar la cantidad de usuarios que se verán afectados. Mediante la aplicación se reporta el avance en los trabajos de mantenimiento así como la actualización de las condiciones de la infraestructura (Hexagon Geospatial, 2014).

En el caso de la aplicación ArcGIS Collector, la descarga puede hacerse de forma gratuita desde alguna de las plataformas de distribución de aplicaciones existentes tanto para iOS como para Android. Al igual que MapWorks, se requiere contar con el licenciamiento para tener acceso a la funcionalidad completa, en este caso, es necesario tener una suscripción al servicio ArcGIS Online de ESRI.

Mediante ArcGIS Collector, por medio de un Smartphone o tableta es posible la captura y actualización de información en campo aún cuando no se tenga conexión a la red de datos Wi-Fi o celular [5]. Lo anterior gracias a que la aplicación permite el almacenamiento de mapas base para visualizar la zona de captura, así como la posibilidad de instalar previamente en el dispositivo en la ubicación de instalación de la aplicación, las plantillas de captura necesarias y configuradas de acuerdo a los requerimientos de la organización.

Los puntos importantes a considerar cuando se implementa el modelo de captura de información geoespacial mediante ArcGIS Collector son:

- Crear un mapa. Utilizando el software ArcGIS Desktop<sup>1</sup>, en él, se agregará la información necesaria para la captura, tal como mapa base y capas de datos de la organización. Se configura el formulario de captura de datos y se personaliza la configuración de la aplicación. Una vez creado el mapa, es necesario compartirlo mediante las herramientas de software que provee el sistema ArcGIS de manera que se encuentre disponible y en línea para el personal que será destinado a los trabajos de campo [6].
- Capturar los datos. Después de realizada la instalación de la aplicación en el Smartphone o tableta se requiere iniciar sesión mediante la cuenta de ArcGIS Online que tenga registrada la organización. Al iniciar sesión se tendrá disponible el o los mapas creados previamente con la información de utilidad para la captura. Se lleva a cabo la captura de registros mediante las opciones que provee la aplicación. La aplicación permite la captura de fotografías en caso de requerirse [7].

Una vez que se registran los datos, estos se almacenan en el espacio de almacenamiento que posee la organización en el servicio ArcGIS Online.

---

<sup>1</sup> ArcGIS Desktop es uno de los principales productos de software SIG de escritorio ampliamente utilizado para visualizar, utilizar y administrar información geográfica.







## **2 Desarrollo de la aplicación geoinformática**

### **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 de la aplicación específica.

- Usuarios potenciales: Personal de campo de centros SCT y demás organismos relacionados con administración de información del sector transporte, relacionados o no con la SCT.
- Cómo se empleará la aplicación: Por la funcionalidad objetivo, el usuario empreñará la aplicación para capturar, visualizar, procesar y transferir información geográficamente referenciada del transporte mediante dispositivos móviles.
- Requerimientos mínimos de hardware: El dispositivo móvil en el que se realice la instalación de la aplicación deberá estar equipado con GPS.

Los elementos del modelo de captura son los siguientes:

- Empleo del sistema GPS.
- Recepción de la posición GPS en un teléfono celular o dispositivo móvil equipado con GPS
- Registro de los datos de posición: Coordenadas X y Y.
- Almacenamiento de los datos de posición en una base de datos local en el dispositivo móvil.
- Registro de atributos y características asociadas al elemento de transporte georreferenciado.
- Envío de datos de posición y atributos a una base de datos almacenada en un servidor en Internet.
- 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 de la aplicación objeto del proyecto. En cuanto al software, se trata de una plataforma de programación multilenguaje que es posible configurar para programar aplicaciones Android, así como una base de datos ligera instalable en un dispositivo móvil.

En la descripción de las herramientas de hardware utilizadas, se incluyen básicamente las características de los equipos de cómputo que fueron empleados así como del dispositivo móvil que se utilizó para llevar a cabo las pruebas de desempeño de la aplicación conforme se realizaron los avances en el desarrollo.

**Eclipse.** Es un entorno de software sobre el que se pueden instalar herramientas de desarrollo para cualquier lenguaje cuando se implementan los plugins<sup>2</sup> adecuados. Se puede considerar como un software multilenguaje de programación aunque inicialmente se diseñó para el desarrollo de aplicaciones en lenguaje Java. Cuando se utilizan las librerías correspondientes, Eclipse puede ser utilizado como entorno de desarrollo para lenguajes de programación como Ada, C, C++, Perl, Delphi, PHP, Python entre los más importantes (Robledo, 2012).

**Plugin ADT (*Android Development Tools*) para Eclipse.** Este plugin está diseñado para incrementar la funcionalidad de Eclipse y así proporcionar un completo ambiente de desarrollo de aplicaciones Android. Permite la creación desde la interfaz gráfica de usuario, depurar el código de la aplicación utilizando las herramientas del SDK de Android hasta exportar la aplicación a un archivo .apk para realizar la distribución de la aplicación [8].

**SQLite.** Para llevar a cabo la administración de la base de datos requerida para el proyecto se utilizó una extensión del navegador Web Mozilla Firefox la cual resulta ser muy útil para crear y realizar operaciones con bases de datos en SQLite. SQLite es una biblioteca de software que se implementa en sí misma, no requiere servidor ni configuraciones adicionales además de que el motor de base de datos es transaccional. El código fuente para SQLite es público y actualmente es el motor de base de datos SQL de mayor despliegue en el mundo [9].

---

<sup>2</sup> En informática, *Plugin* se refiere a un complemento o aplicación que se relaciona con otra para aportarle una función nueva y generalmente muy específica.



**Figura 2.1 Interfaz de la extensión SQLite Manager para Mozilla Firefox**

### Equipo de cómputo

Para el desarrollo del proyecto se empleó el siguiente equipo de cómputo:

Computadora de escritorio:

Modelo	Dell Optiplex 980
Procesador	Intel ® Core™i7 CPU 870@ 2.93GHz
Memoria RAM	4 GB
Sistema operativo	Windows 7 Profesional SP1
Tipo de sistema	64 bits

Equipo portátil, Laptop:

Modelo	HP Probook 6470b
Procesador	Intel ® Core™i5 – 3320M CPU @ 2.60GHz
Memoria RAM	8 GB
Sistema operativo	Windows 7 Profesional SP1
Tipo de sistema	64 bits

Dispositivo móvil: celular:

Tipo de dispositivo móvil	Celular
Marca	Samsung
Modelo	GT-S5830M Galaxy ACE
Tamaño y resolución de pantalla	3.5" 320x480HVGA
Sistema operativo	Android 2.3.6 Gingerbread

## 2.3 Diseño de la aplicación

### 2.3.1 Requerimientos de funcionalidad

La aplicación deberá permitir al personal en campo georreferenciar carreteras y otros puntos de infraestructura de transporte y enviar estos datos a una BD alojada en un servidor vía Internet. Una vez en el servidor, los datos podrán visualizarse por el personal en oficina a través de un software SIG de escritorio.

Para georreferenciar una carretera, la aplicación deberá capturar la posición X, Y dada por el GPS del dispositivo móvil cada segundo mientras se realiza el recorrido de ésta. (Al finalizar el recorrido, se obtendrá un conjunto de registros de posición que con el debido proceso en el SIG se convertirán en una línea)



**Figura 2.2 Ilustración de la manera como la aplicación desarrollada realizará la captura de coordenadas de una carretera**

- Fuente: Elaboración propia. La aplicación deberá permitir ingresar la información correspondiente que describa el elemento que se está georreferenciando, de manera que se asocie al conjunto de posiciones X, Y, registrado.

- La información asociada al registro de posiciones será registrada por el usuario por medio de una plantilla que permita ingresar por texto para las carreteras, el nombre de la carretera y seleccionar mediante listas el número de carriles, administración y tipo de pavimento. Para registrar la ubicación de un puente, se capturará un solo punto de posición y se registrarán los datos asociados. Ejemplo: Puente: ubicación X, Y, nombre del puente (el usuario ingresa texto), tipo de estructura (opciones en una lista: concreto, metal), tamaño (opciones en una lista: chico, mediano, grande).
- La aplicación deberá permitir almacenar los datos capturados en una base de datos local en el dispositivo de manera que se asegure el registro de datos aún cuando no se cuente con red de datos para realizar la transmisión de información al servidor remoto.

La aplicación deberá transmitir los datos capturados al servidor remoto en cuanto se detecte señal de la red de datos del operador telefónico del usuario o cobertura de red Wi-Fi.

### 2.3.2 Diagrama general de funcionalidad

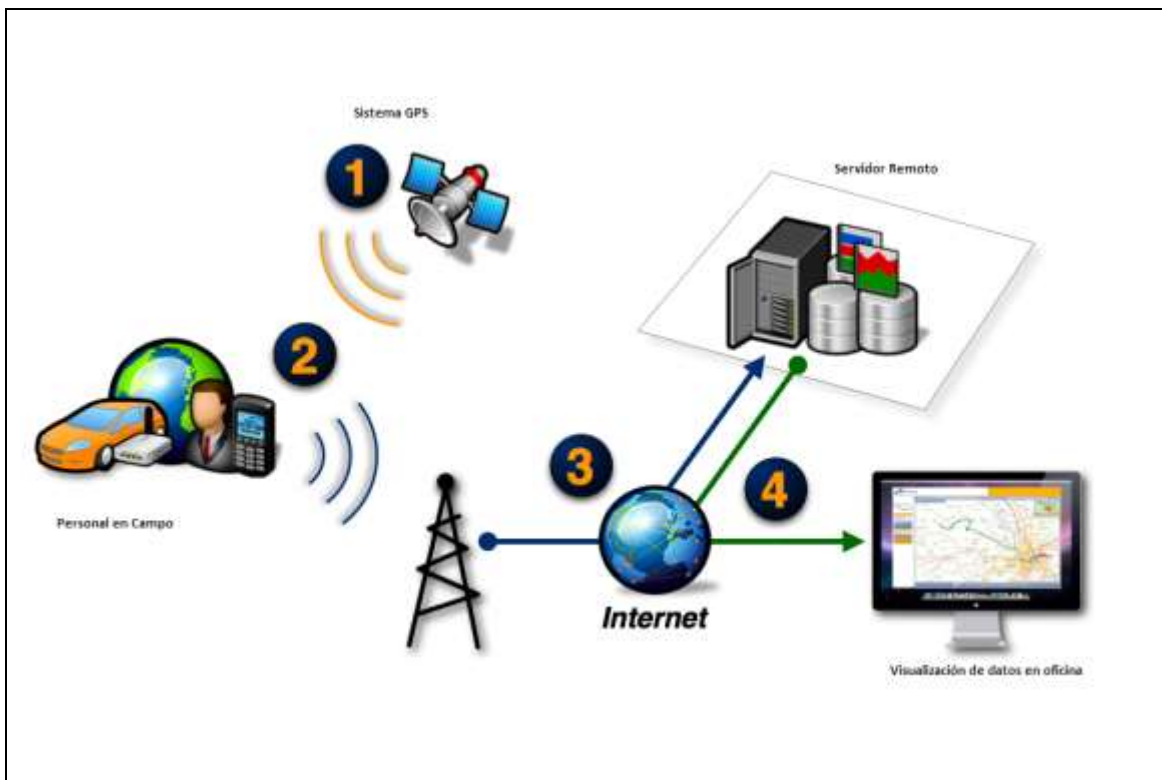


Figura 2.3 Ilustración del diagrama general de funcionalidad de la aplicación

### 2.3.3 Descripción de los datos de captura mediante la aplicación

Para fines de desarrollo y evaluación de desempeño, esta aplicación se orientó, únicamente a la captura de un elemento espacial lineal, el trazo carretero y tres elementos puntuales como son los puentes, marcas de kilómetro y los bancos de material. No obstante las posibilidades de configurar la aplicación para capturar otros elementos son ilimitadas. A continuación se describe cada uno de los elementos que será posible capturar mediante la aplicación:

#### **Carretera:**

Vía de transporte terrestre pavimentada, diseñada para tránsito de vehículos automotores.

#### Atributos

- Nombre: Se refiere al nombre que le asigna la autoridad responsable.
- Administración: Responsabilidad del mantenimiento
  - {Federal, Estatal, Municipal}
- No. de carriles: Número total de carriles
  - Valor  $\geq 1$
- Pavimento: Material de la superficie de rodamiento
  - {Asfalto, Concreto hidráulico}

#### **Puente:**

Estructura que permite la comunicación vial sobre un obstáculo natural o artificial

#### Atributos

- Nombre Puente: Nombre con el que se conoce el objeto espacial
- Tamaño: Longitud del puente
  - Chico (6-30 metros)
  - Mediano (30-100 metros)

- Grande (más de 100 metros)
- Estructura: Tipo de material con el que se encuentra construida la estructura
  - Metal
  - Concreto

### **Marca de kilometraje**

- Punto donde la SCT marca el kilometraje en determinado tramo de la red carretera

### **Banco de material**

Yacimiento donde es posible explotar diversos materiales empleados principalmente en actividades de construcción o mantenimiento de la infraestructura de transporte.

### Atributos

- Tipo:
  - {Arena, grava, piedra, tepetate}

## **2.3.4 Diseño inicial de pantallas (interfaz de usuario)**

En esta parte del diseño se definió el nombre de la aplicación, el cual quedó establecido como “SIGET Móvil”, lo anterior, derivado del objetivo de disponer de una aplicación que extienda la funcionalidad de Sistema de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET) y que represente un alternativa para gestionar los datos geoespaciales del transporte desde un dispositivo móvil.

Antes de iniciar las tareas de diseño y programación de la aplicación en el software Eclipse, se realizó un diseño previo de la interfaz de usuario, conocido como *mokup* utilizando el software *Pencil*. En las imágenes siguientes se puede observar el diseño inicial de forma gráfica que se consiguió para cada una de las secciones principales consideradas a desarrollar para la aplicación.



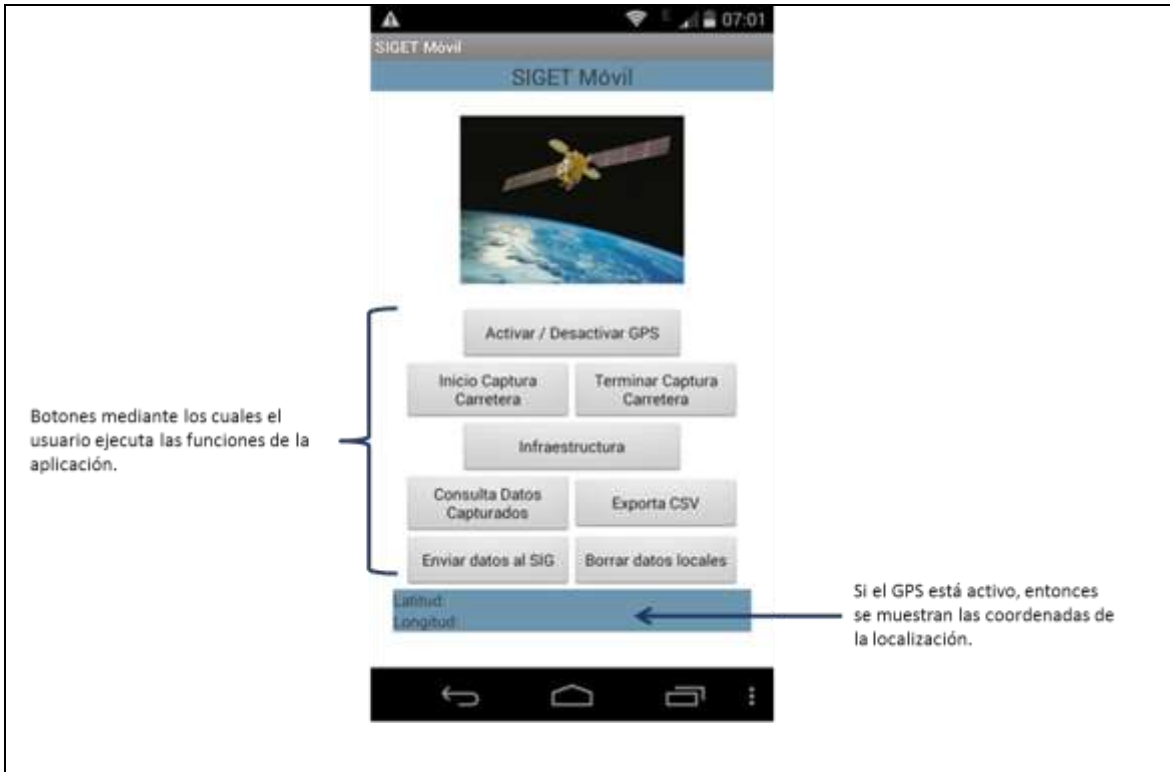


Figura 2.4 Interfaz principal de la aplicación



Figura 2.5 Pantalla de inicio de sesión

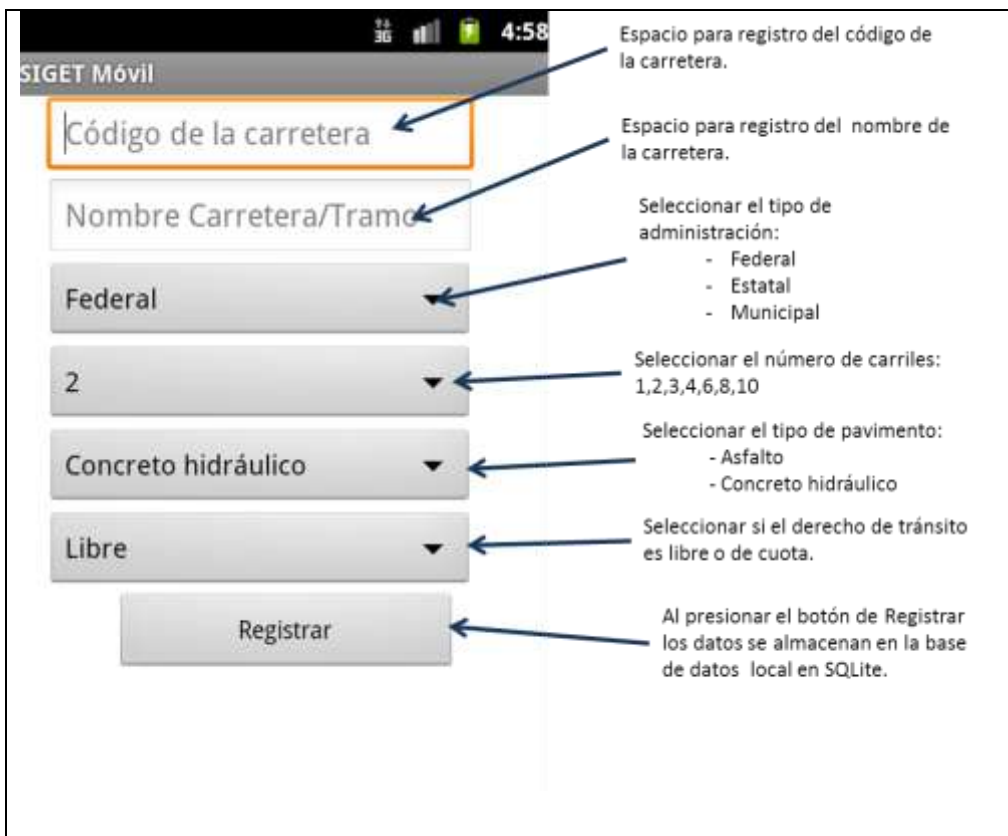


Figura 2.6 Pantalla con formulario de captura para las carreteras



**Figura 2.7 Pantalla con formulario de captura para estructuras de tipo Puente, Marca de KM y Banco de material**

## 2.3.5 Diseño y programación en el software Eclipse

Mediante el software Eclipse se llevó a cabo la creación de manera gráfica de la interfaz de usuario de la aplicación. La funcionalidad se programó mediante botones para hacer la tarea de captura sencilla e intuitiva.

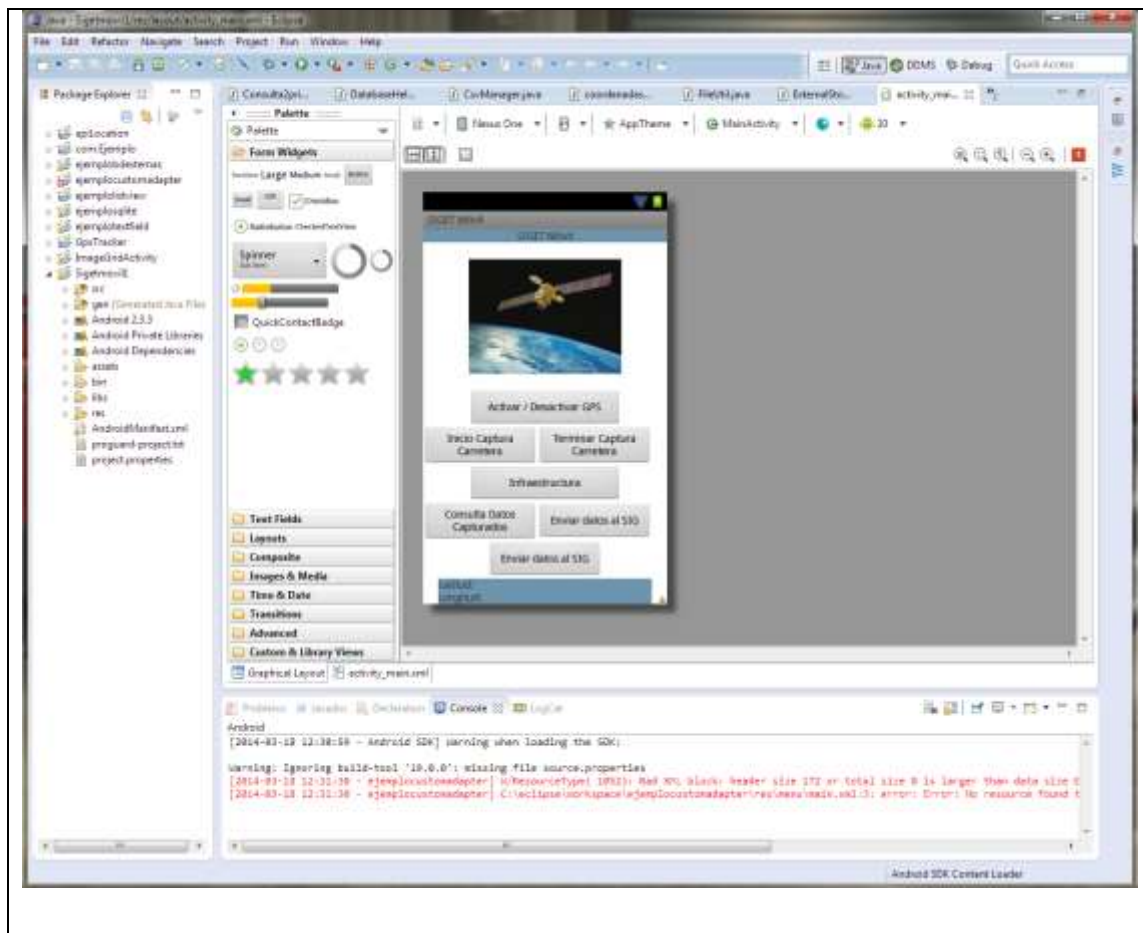


Figura 2.9 Interfaz de desarrollo en el software Eclipse

En la programación de la aplicación se crearon clases para que en ellas fuera incluido el código que permite ejecutar la funcionalidad establecida para cada botón.



- Cuando se hace clic en este botón se inicia un proceso de registro de las coordenadas X y Y que se adquieren del GPS. Para lo anterior, primeramente se confirma que el GPS esté habilitado. El registro de coordenadas se realiza cada 3 segundos de tiempo, y dichos valores se almacenan en una tabla de la base de datos SQLite creada para la aplicación. Cabe mencionar que la captura continua en segundo plano, aun cuando a la par se realice el registro de un punto de infraestructura.

### **Botón Terminar Captura Carretera**

- Mediante este botón se detiene el procedimiento de captura de puntos que conformarán la línea de la carretera. Después de que se detiene el registro, se habilita un formulario de captura en el que se introducen los datos correspondientes a la carretera registrada.

### **Botón Infraestructura**

- Al hacer clic en este botón se ingresa a un formulario en el que se elige el elemento a registrar. Para esta versión de la aplicación cuenta con tres opciones, siendo estos, puentes, marca de kilómetro y banco de material.

### **Botón Consulta Datos Capturados**

- Mediante esta opción se ingresa a una sección de la aplicación en la que es posible visualizar los elementos que han sido capturados.

### **Botón Exporta CSV**

- Previo a enviar los datos capturados al servidor remoto se realiza la exportación de los registros de la base de datos local a un archivo en formato de valores separados por comas, CSV (por sus siglas en inglés *comma-separated values*) que facilita el envío y recepción de los datos en el servidor.

### **Botón Enviar Datos al SIG**

En este botón se programó la instrucción de envío de los datos registrados al servidor remoto, donde se reciben en formato de CSV y se realiza un proceso para almacenarlos en una base de datos del servidor, desde la cual quedan accesibles para ser desplegados en un SIG de escritorio.

## **2.3.6 Creación de la base de datos en SQLite**

Para la creación de la BD en SQLite se requirió crearla con características para Android utilizando las siguientes instrucciones:

- CREATE TABLE "android\_metadata"("locale" TEXT DEFAULT 'en\_US')
- INSERT INTO "android\_metadata" VALUES ('en\_US')

El nombre que se le dio a la base de datos fue: **sigetmovil**

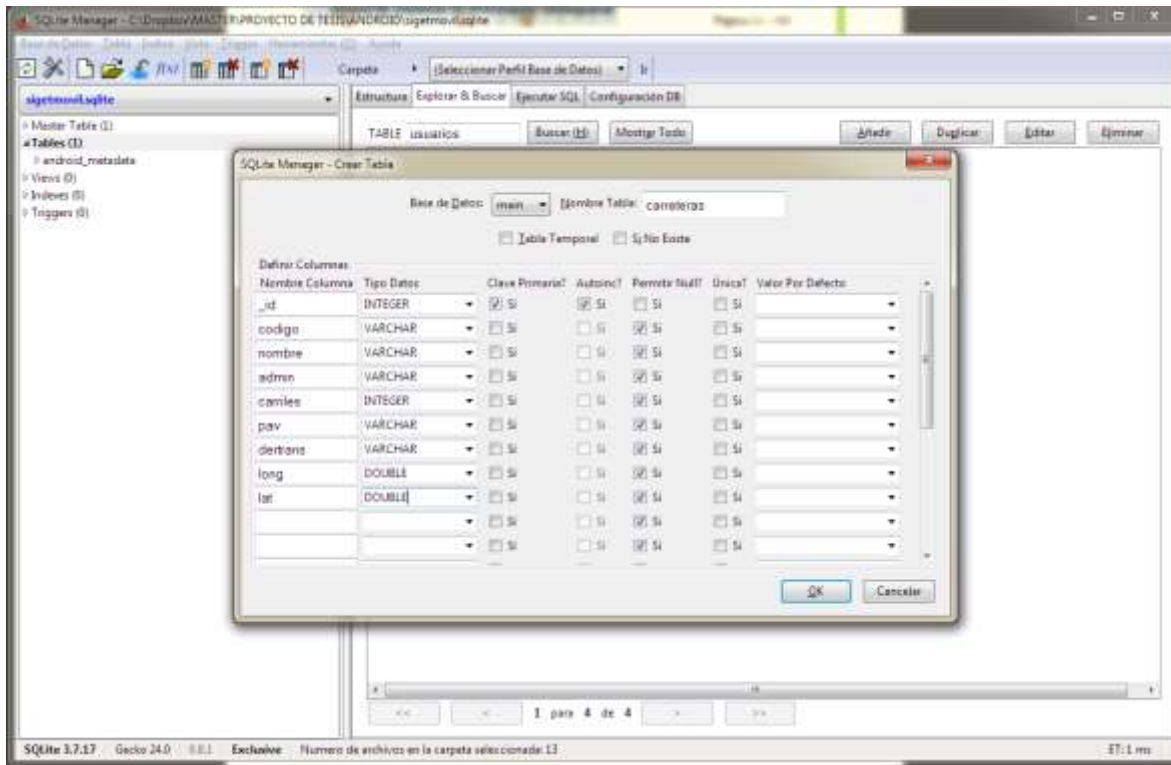
### Tabla 1: Carretera

En esta tabla se almacenan localmente los datos de una carretera después de haber capturado su posición.

Para la definición de los campos que integran la tabla "carreteras" se tomó como referencia el Diccionario de datos para el transporte que maneja la USIG del IMT (USIG, 2006).

**Tabla 2.1 Descripción de campos de la tabla "Carretera"**

Campo	Nombre en DB	Descripción
<b>_id</b>	_id	Campo que requiere Android para acceder a los datos almacenados en la tabla
<b>Código de Carretera</b>	codigo	Clave alfanumérica de la carretera señalizada en la misma carretera
<b>Nombre de la Carretera</b>	nombre	Se refiere al nombre oficial que le asigna la SCT
<b>Administración</b>	admin	Responsabilidad de mantenimiento. (Opciones: Federal, Estatal, Municipal, Particular)
<b>Número de carriles</b>	carriles	Número total de carriles
<b>Tipo de pavimento</b>	pav	Material de la superficie de rodamiento
<b>Derecho de tránsito</b>	dertrans	Derecho de tránsito (Libre, cuota)
<b>Longitud (X)</b>	long	Coordenada X (del punto donde se realiza el llenado de datos de la carretera)
<b>Latitud (Y)</b>	lat	Coordenada y (del punto donde se realiza el llenado de datos de la carretera)



**Figura 2.11 Creación de la tabla carreteras mediante el Administrador de SQLite**

**Tabla 2:** infraestructura

En esta tabla se almacenan los datos de posición y descripción de los tres elementos de infraestructura que pueden ser georreferenciados mediante la aplicación.

**Tabla 2.1 Descripción de campos de la tabla “Infraestructura”**

Campo	Nombre en DB	Descripción
<b>_id</b>	_id	Campo que requiere android para acceder a los datos almacenados en la tabla
<b>Nombre del Puente</b>	nomp	Sustantivo propio con el cual se conoce el objeto espacial
<b>Tamaño del puente</b>	longp	Longitud total del puente (Valores: Chico 6-30m, Mediano 30-100m, Grande más de 100m)



<b>Estructura del puente</b>	estrp	Tipo de material con el que se encuentra construida la estructura
<b>Marca de kilómetro</b>	marcakm	Punto en donde la SCT marca el kilómetro en determinado tramo de la red carretera.
<b>Banco de material</b>	mat_banm	Yacimiento donde es posible explotar diversos materiales empleados principalmente en actividades de la construcción o el ornato
<b>Longitud (X)</b>	long	Coordenada X
<b>Latitud (Y)</b>	lat	Coordenada Y

Creación de la tabla infraestructura mediante el Administrador de SQLite.

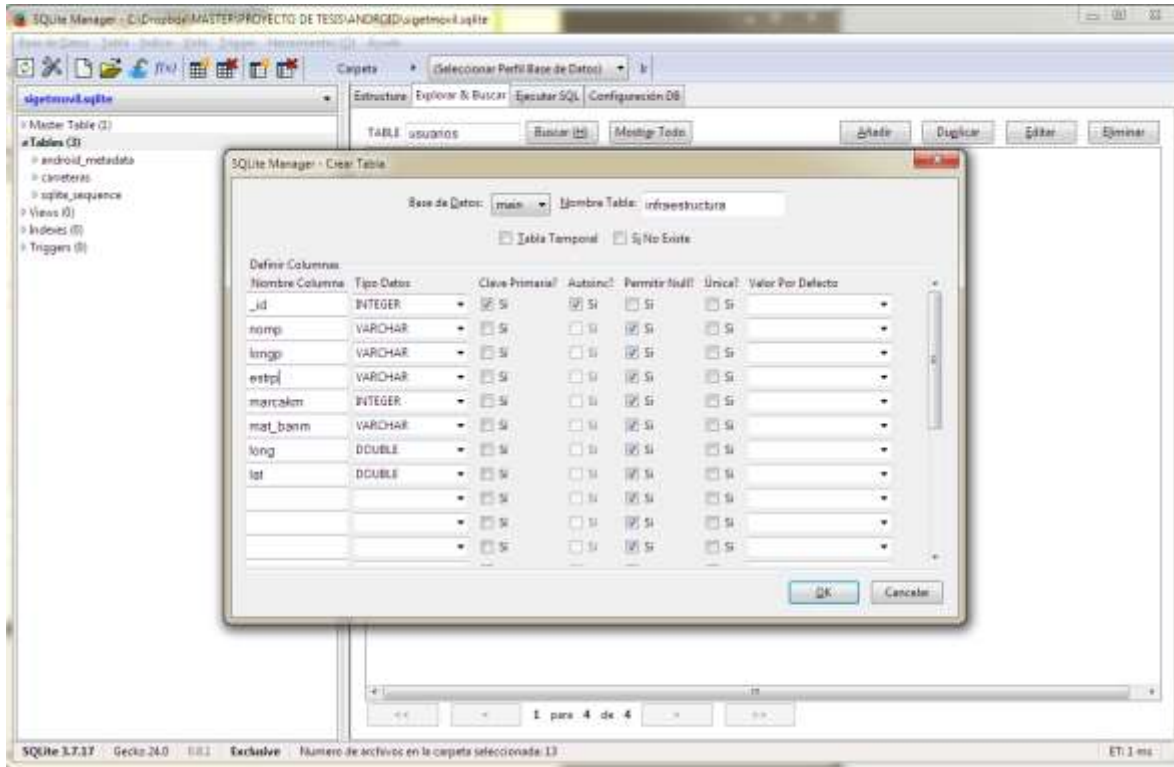


Figura 2.12 Creación de la tabla estructuras mediante el Administrador de SQLite

## 2.4 Pruebas de desempeño

Durante la etapa del desarrollo se fueron realizando las pruebas de desempeño para cada opción configurada. La herramienta principal empleada para probar la funcionalidad fue un ADV (Android Virtual Device), también conocido como emulador, el cual es configurado en la misma plataforma del software Eclipse y simula a un dispositivo móvil tanto en configuración de software como de hardware.

Para llevar a cabo las pruebas de desempeño en el emulador, éste fue configurado con características de un teléfono celular con la versión de Android 2.3.3.



**Figura 2.13 Interfaz del emulador utilizado para realizar las pruebas de la aplicación**

Se realizaron pruebas de captura de registros para que estos fueran almacenados en la base de datos de la aplicación. La siguiente imagen muestra el formulario de captura para los elementos de infraestructura de puentes, marca de kilómetro y banco de material.



**Figura 2.14 Visualización del formulario de captura para los elementos de infraestructura**

En la siguiente imagen se muestra la pantalla de captura de los datos correspondientes a una carretera.



**Figura 2.15 Visualización del formulario de captura para los datos de las carreteras a georreferenciar**

Cabe mencionar que uno de los inconvenientes de utilizar el emulador para realizar las pruebas de desempeño de la aplicación, es que no se puede tener

acceso al hardware del dispositivo como se haría en un teléfono real. Algunas de las características pueden ser simuladas, como es el caso de la memoria externa, la cual puede configurarse en las propiedades del emulador, pero para el caso de otros sensores no es posible. Tal es el caso del GPS, que para las pruebas de captura de una carretera, se obtuvieron siempre los valores de las coordenadas X y Y en ceros, debido a que como tal, desde el emulador no es posible hacer una recepción de datos real por medio del GPS. Si bien, existen maneras de introducir coordenadas ficticias para el emulador, o incluso un listado de coordenadas provenientes de algún otro receptor, estas opciones no resultaron convenientes para realizar las pruebas de captura.

Para tener la funcionalidad del GPS y obtener las coordenadas para cada registro, tanto de infraestructura como de la carretera se utilizó un teléfono celular real, mismo que fue utilizado para realizar captura de datos en campo, es decir, se probó la aplicación instalada en el dispositivo señalado mediante el recorrido de un tramo de carretera del Estado de Querétaro (Ver resultados una de las capturas de datos en la pág. 45).

Las características del teléfono celular empleado para llevar a cabo las pruebas de desempeño de la aplicación se describen a continuación.



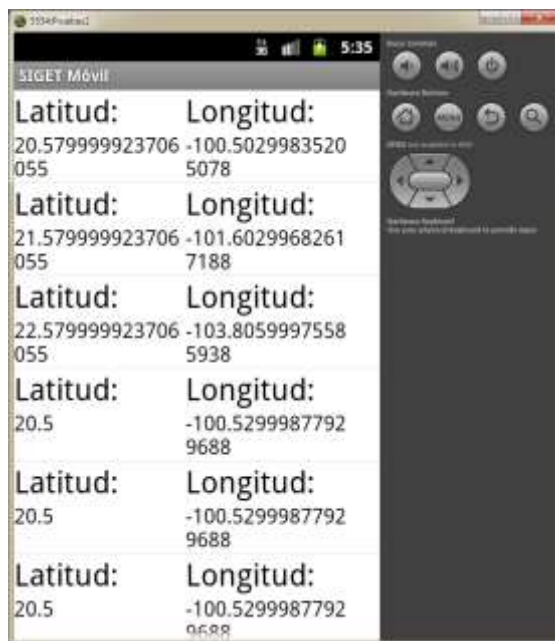
**Figura 2.16 Imagen del celular utilizado para realizar las pruebas de desempeño**

Tipo de dispositivo móvil	Celular
Marca	Samsung
Modelo	GT-S5830M Galaxy ACE

Tamaño y resolución de pantalla	3.5" 320x480HVGA
Sistema operativo	Android 2.3.6 Gingerbread

### Obtención de resultados

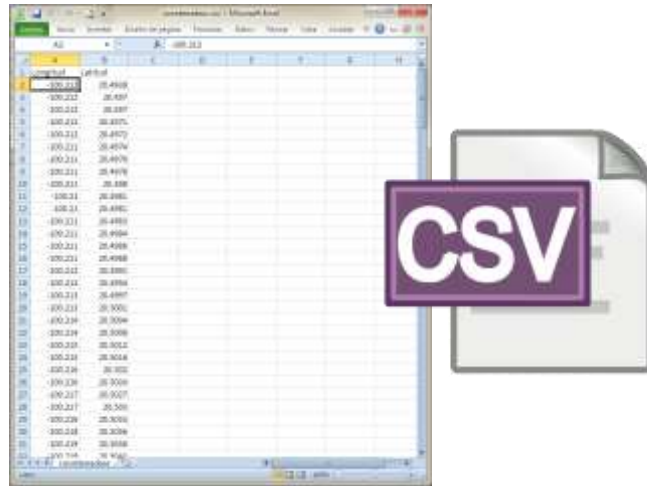
Después de finalizadas las capturas de datos los registros se almacenan en una base de datos local que se instala en el teléfono. Para acceder a los registros y visualizar una lista de los datos registrados, la aplicación tiene una opción que permite consultar los datos capturados. Es posible consultar tanto los registros en forma de lista de las carreteras así como de la lista de coordenadas que una vez convertidos a puntos conformarán la línea que representará la carretera. Se puede visualizar también la lista de puntos de ubicación de infraestructura por tipo, esto es, mediante las opciones indicadas en la aplicación, se pueden listar los elementos de tipo puente, marca de kilómetro o bancos de material.



**Figura 2.17 Visualización de pantalla de la aplicación que muestra la lista de coordenadas X, Y capturadas**

Si el usuario ha finalizado la captura de elementos, el siguiente paso es exportar el contenido de la base de datos local a un archivo en formato de valores separados por comas, CSV por sus siglas en inglés (*Comma Separated Values*). Se realiza

este procedimiento para hacer más fácil y asegurar el envío de los datos al servidor.



**Figura 2.18 Visualización de las coordenadas capturadas mediante la aplicación después de que son exportadas a formato CSV**

Fuente: Elaboración propia

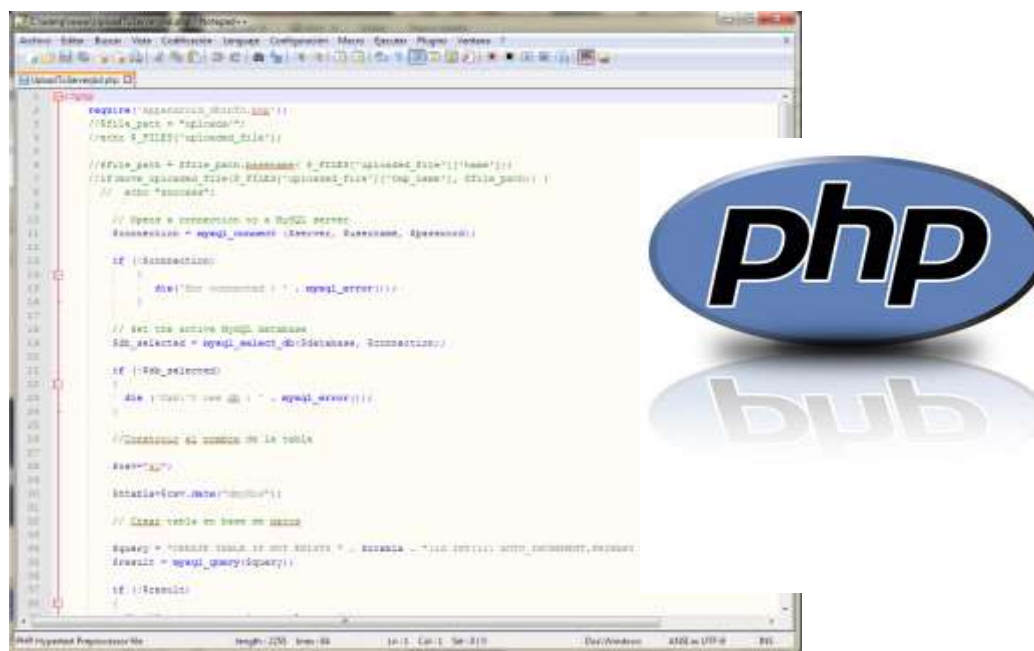
Cuando ya se tienen los registros en formato CSV, el usuario puede enviar el archivo generado al servidor mediante el botón “Enviar los datos al SIG”.



**Figura 2.19 Visualización la interfaz principal de la**

### aplicación donde se señala el botón mediante el cual se envían los datos al servidor en Internet

En lenguaje de programación PHP se programaron las instrucciones mediante las cuales se recibe el archivo CSV y lo alojan en una ubicación ya definida. Se implementó también una rutina que realiza la lectura de los datos contenidos en el archivo y los transfiere para su almacenamiento en una tabla de base de datos del servidor. El manejador de base de datos utilizado fue MySQL.



**Figura 2.20 Visualización la interfaz del programa y parte del código programado en el lenguaje PHP mediante el cual se procesan los datos recibidos en el servidor**

Fuente: Elaboración propia

En la imagen siguiente se observa la lista de coordenadas capturadas ya importadas dentro de una tabla de una base de datos en MySQL.



The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'android'. The table 'coordenadas' is selected, and its contents are displayed in a grid. Each row contains an ID, a longitude value, and a latitude value. The 'Crear tabla' button is highlighted in the left sidebar.

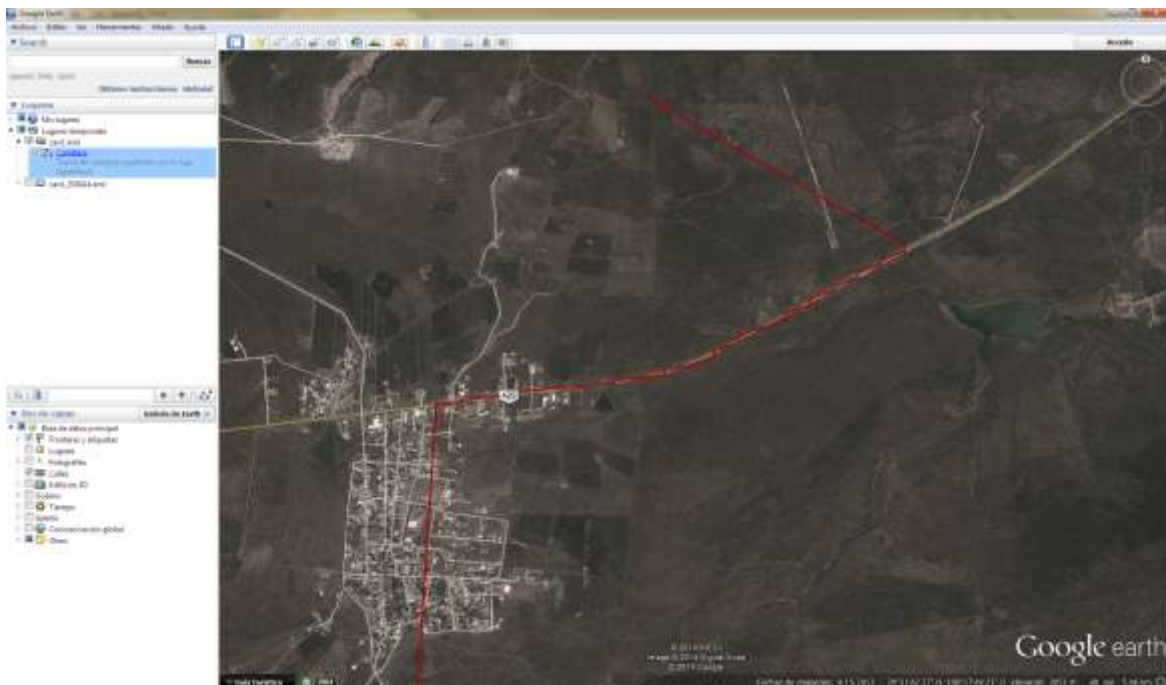
ID	Longitude	Latitude
428	20.493900	-100.211998
429	20.493900	-100.211998
430	20.493900	-100.211998
431	20.493900	-100.211998
432	20.493900	-100.211998
433	20.493900	-100.211998
434	20.493801	-100.211998
435	20.494400	-100.211998
436	20.494400	-100.211998
444	20.639099	-100.429001
445	20.639200	-100.430000
446	20.639601	-100.430000
447	20.639900	-100.430000
448	20.640400	-100.430000
449	20.641100	-100.430000
450	20.641701	-100.430000

**Figura 2.21 Visualización la interfaz principal de la aplicación donde se señala el botón mediante el cual se envían los datos al servidor en Internet**

Fuente: Elaboración propia

Después de insertar los valores del archivo CSV en la tabla de la base de datos en MySQL, todo esto ya en el servidor, se ejecuta un procedimiento final, mediante el cual, se leen nuevamente los registros de la tabla de coordenadas y se convierten a formato de KML para poder visualizar la carretera capturada mediante la aplicación en el Software Google Earth.

Cabe resaltar que se seguirán afinando detalles tanto en la programación como en el diseño de la aplicación para mejorar la calidad de la captura. Ya que después de las pruebas realizadas, en algunas zonas se observan saltos en los registros, lo que ocasiona que la línea de carretera sobresalga con un pico. Se determinará también si la velocidad de captura influye en el registro de datos.



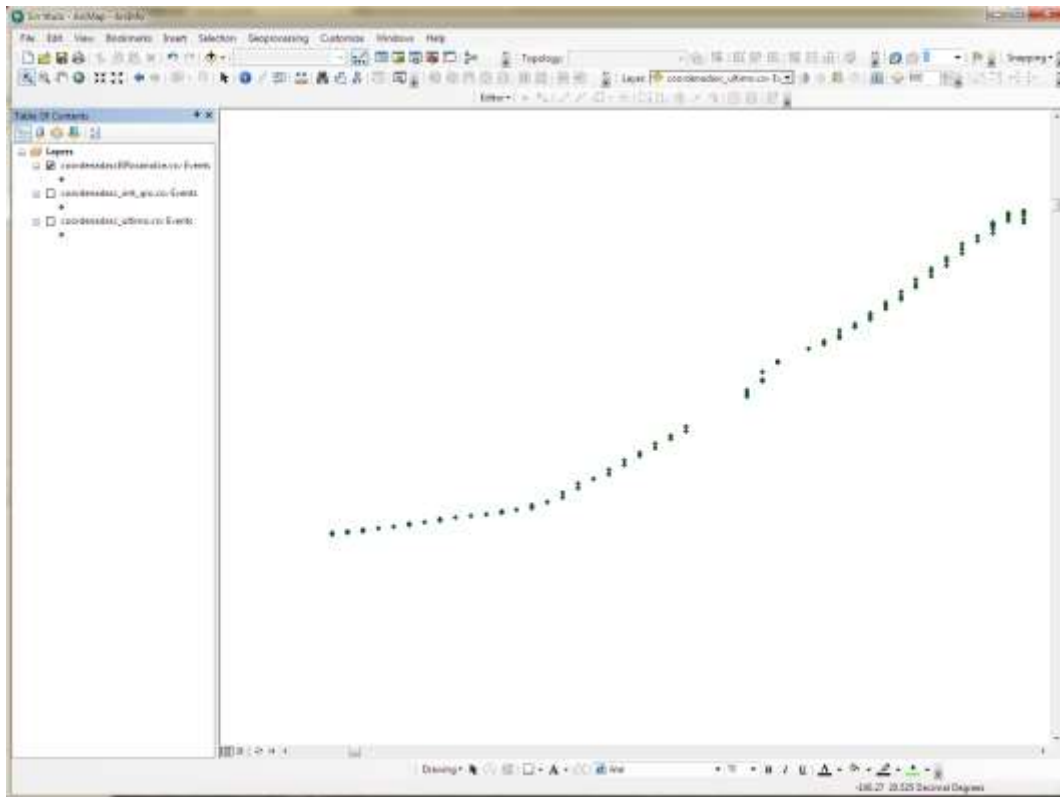
**Figura 2.22 Visualización de los datos capturados en la interfaz de Google Earth**

Fuente: Elaboración propia

El usuario tendrá la posibilidad también de acceder a los registros capturados desde un software SIG de escritorio, como puede ser ArcGIS.

Para realizar la conexión a la base de datos, previamente se solicitará al administrador del servidor el acceso para que le sean proporcionados los datos de acceso. Como una tarea adicional, después de la finalización del proyecto se desarrollará el procedimiento a seguir para el acceso a los datos por cualquier usuario.

En la siguiente figura se pueden observar los registros capturados por la aplicación en un tramo de carretera del estado de Querétaro. Como se observa gráficamente los registros son una serie de puntos. En el mismo software es posible ejecutar una herramienta que hace la conversión de puntos a línea con lo cual se logra la representación final de una carretera.



**Figura 2.23 Visualización de los datos capturados en el software ArcGIS**

Fuente: Elaboración propia



### 3 Conclusiones

---

Un teléfono celular equipado con GPS puede ser utilizado para llevar a cabo la captura visualización y transferencia de datos georreferenciados para ser integrados a un SIG prácticamente en tiempo real cuando se cuenta con red de datos celular o Wi-Fi.

Utilizando una aplicación instalada en el teléfono celular, el personal en campo de cualquier organismo responsable de la operación de una red de caminos, tendrá la posibilidad de llevar a cabo la georreferenciación de tramos carreteros y otros puntos de infraestructura de transporte y enviar estos datos a una base de datos instalada en un servidor vía Web, mismos que podrán ser visualizados por el personal de oficina a través de un navegador Web o software SIG de escritorio, con la posibilidad de generar reportes y mapas de avance.

Realizar el proceso de captura de datos y georreferenciación de infraestructura mediante el procedimiento descrito, facilita la actualización de la información prácticamente de forma automática, ya que para integrar nuevos datos al SIG, no será necesario que el personal de campo se traslade a la oficina, sino que desde el lugar donde se lleve a cabo el registro, si se tiene cobertura de datos celular, podrá ser enviada la información e integrarse directamente a la base de datos. Esto permitirá tener la información a tiempo y ser empleada en procesos de planeación, organización, gestión y seguimiento de acciones y contribuir a una mejor toma de decisiones.

La implementación de tecnología móvil en las actividades que tienen que ver con captura de datos en campo y registros de avance de obra, ofrece la posibilidad de una mejor gestión de los datos al disminuir los tiempos de integración de la información asociada a ellas. Representa también ahorro y una mejor administración de los recursos financieros.

La información registrada mediante la aplicación Siget Móvil representa una ventaja principalmente para los Centros SCT en cuanto a que apoyará actividades como:

- La conservación y mantenimiento de la infraestructura carretera. La incorporación de los programas de mantenimiento y conservación en el sistema de información geoestadística podrá apoyar, entre otras acciones:
  - El análisis espacial y representación gráfica de las variables técnicas y económicas.

- La diferenciación territorial de las redes de acuerdo al estado de deterioro de los pavimentos.
- El trazo de metas e itinerarios de las cuadrillas
- La calendarización y distribución territorial de las acciones, maquinaria y equipos.
- La priorización de las labores de conservación con base en el criterio del valor de la carga transportada.

Estudios de evaluación del diseño geométrico de carreteras al aportar datos adicionales para el cálculo del grado de curvatura y/o alineamiento horizontal y vertical de las mismas, o bien, una vez incorporados los parámetros técnicos facilitar su análisis.

## Bibliografía

---

BACKHOFF POHLS, Miguel Ángel. *Transporte y espacio geográfico. Una aproximación geoinformática*. México: UNAM, 2005.

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.

BLACK, W. *Transportation: A geographical analysis*. New York: Guilford Publications, 2003.

ERICSSON. *Ericsson Mobility Report. Junio 2014*. [En línea]. [Consultado 1 de julio 2014]. Disponible en: <http://www.ericsson.com/res/docs/2014/ericsson-mobility-report-june-2014.pdf>

GIRONÉS, T. *El gran Libro de Android*. Tercera edición. España: Marcombo, S.A. Barcelona, 2013.

Hexagon Geospatial. *Mobile Management of Water Main Breaks in Henry County*. [En línea]. [Consultado marzo 2014] Disponible en: [http://www.hexagongeospatial.com/Libraries/White\\_Papers/Henry\\_County\\_Mobile\\_Field\\_Workflows\\_2014-Whitepaper-Formatted.sflb.ashx](http://www.hexagongeospatial.com/Libraries/White_Papers/Henry_County_Mobile_Field_Workflows_2014-Whitepaper-Formatted.sflb.ashx)

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.

PETERS, Dave. *Building a GIS: System Architecture Design Strategies for Managers*. Estados Unidos de América: ESRI Press, 2008.

POTRYKOWSKI, M., and Z. Taylor. *Geografía del Transporte*. Barcelona: Ariel Geografía. Editorial Ariel, S. A., 1984.

PRIETO, J. et al. *Tecnología y desarrollo en dispositivos móviles*. Barcelona, España: FUOC, 2011

ROBLEDO, C., ROBLEDO, D. *Programación en Android*. España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Área de Educación, 2012.

SÁNCHEZ CARBONELL, José Ignacio. *Qué es un Sistema de Información Geográfica SIG*. [En línea]. [Consultado 20 agosto 2013]: Disponible en: [http://www.nosolosig.com/%BFque\\_es\\_un\\_sig?.html](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.

VERDE OROZCO, Francisco. *Atlas cibernético del Transporte. Informe final de investigación del proyecto No. VI 03/04*. Querétaro, México. Unidad de Sistemas de Información Geoespacial, Instituto Mexicano del Transporte, 2004.

VIVONA, I. *JAVA*. 1ª ed. Buenos Aires. Fox Andina – Dalaga, 2012.

### **Portales de Internet:**

1. Trends in platform adoption. [En línea]. [Consultado 26 agosto 2013]. Disponible en: <http://www.pewinternet.org/2013/06/05/smartphone-ownership-2013/>

2. Infographic: 2013 Mobile Growth Statistics. [En línea]. [Consultado 26 agosto 2013]. Disponible en: <http://www.digitalbuzzblog.com/infographic-2013-mobile-growth-statistics/>

3. Mobile MapWorks, Efficient System for field data capture. [En línea]. [Consultado 14 octubre 2013]. Disponible en: <http://www.hexagongeospatial.com/products/Mobile-MapWorks/Details.aspx>

4. Mobile MapWorks 2014. [En línea]. [Consultado 14 octubre 2013]. Disponible en: <http://download.intergraph.com/downloads/intergraph-mobile-mapworks-2013>

5. Collector for ArcGIS. [En línea]. [Consultado 14 de octubre de 2013]. Disponible en: <http://doc.arcgis.com/es/collector/>



6. Crear y compartir un mapa para la captura de datos. [En línea]. [Consultado el 15 octubre 2013]. Disponible en: <http://doc.arcgis.com/es/collector/android/create-maps/create-and-share-a-collector-map.htm>
7. Capturar datos. [En línea]. [Consultado 15 octubre 2013]. Disponible en: <http://doc.arcgis.com/es/collector/android/collect-data/collect-tutorial.htm>
8. ADT Plugin. [En línea]. [Consultado 10 julio 2013]. Disponible en: <http://developer.android.com/tools/sdk/eclipse-adt.html>
9. SQLite. [En línea]. [Consultado el 12 de noviembre de 2013] Disponible en: <http://www.sqlite.org/>
10. The Global Positioning System, Space Segment. [En línea]. [Consultado 12 de julio 2013]. Disponible en: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/icon120x100.jpg>
11. The Global Positioning System, Control Segment. [En línea]. [Consultado 12 de julio 2013]. Disponible en: <http://www.gps.gov/systems/gps/control/map.png>
12. The Global Positioning System, Control Segment. [En línea]. [Consultado 12 de julio 2013]. Disponible en: <http://www.gps.gov/systems/gps/control/operator.jpg>
13. The Global Positioning System, Aplicaciones. [En línea]. [Consultado 12 de julio 2013]. Disponible en: <http://www.gps.gov/applications/survey/spanish.php>
14. The Global Positioning System, Aviación. [En línea]. [Consultado 12 de julio 2013]. Disponible en: <http://www.gps.gov/applications/aviation/spanish.php>
15. The Global Positioning System, Carreteras y autopistas. [En línea]. [Consultado 12 de julio 2013]. Disponible en: <http://www.gps.gov/applications/roads/spanish.php>
16. Was it is PDOP? [En línea]. [Consultado 12 de julio 2013]. Disponible en: [http://www.arboris.de/online\\_help/\\_Oza0u86sw.htm](http://www.arboris.de/online_help/_Oza0u86sw.htm)
17. Infographic: 2013 Mobile Growth Statistics. [En línea]. [Consultado 26 de agosto 2013]. Disponible en: <http://www.digitalbuzzblog.com/infographic-2013-mobile-growth-statistics/>
18. GALAXY Ace (GT-S5830). [En línea]. [Consultado 28 de agosto 2013]. Disponible en: <http://www.samsung.com/mx/consumer/mobile-phones/mobile-phones/telcel/GT-S5830RWLTCE>







Carretera Querétaro-Galindo km 12+000  
CP 76700, Sanfandila  
Pedro Escobedo, Querétaro, México  
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610  
Fax +52 (442) 216 9671

[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)

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