

## Configuración e instalación de una infraestructura de red y el desarrollo de una aplicación móvil para la geolocalización de un usuario en el ITSL con tecnología IPS

RODRÍGUEZ-LOZANO, Karla Verónica\*†, FLORES-LUÉVANOS, María Guadalupe, MORENO-NUÑEZ, Elda, CANDELAS-SAUCEDO, José Ángel

*Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Av. Tecnológico No. 1555 Sur Periférico Gómez-Lerdo Km. 14.5 C.P. 35150 Cd. Lerdo, Dgo*

Recibido Julio 02, 2017; Aceptado Septiembre 02, 2017

### Resumen

El uso de dispositivos móviles inteligentes ha tenido un aumento exponencial en la actualidad. Gracias a esto, tecnologías como la geolocalización se han convertido en un aspecto importante en los sistemas de posicionamiento. El sistema de posicionamiento global (GPS) es una tecnología que determina la posición de un objeto en la tierra, más si se desea obtener la localización al interior de un edificio, es imprescindible la utilización de un Sistema de Posicionamiento en Interiores, conocida como IPS (por sus siglas en inglés). Esta investigación presenta la configuración e instalación de una infraestructura de red y el desarrollo de una aplicación móvil, que detecten la ubicación de un usuario dentro de un edificio en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Se detalla la forma en que la aplicación, por medio de la conexión a una red inalámbrica logra calcular la ubicación del usuario y desplegar la información en un mapa. Gracias a la utilización de algoritmos complejos, la aplicación puede mostrar una ubicación bastante acertada de un dispositivo móvil. Con esta aplicación el ITSL pretende ser una institución pionera en la región al implementar un sistema para la ubicación de un usuario dentro de sus instalaciones.

### Dispositivo Móvil, IPS, GPS.

### Abstract

The use of smart mobile devices has grown exponentially today. Thanks to this, technologies such as geolocation have become an important aspect in positioning systems. The Global Positioning System (GPS) is a technology that determines the position of an object on the ground, however if you want to obtain the location inside a building, it is imperative to use an Interior Positioning System, known as IPS. This research presents the configuration and installation of a network infrastructure and the development of a mobile application, which detect the location of a user within a building in the Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. It details the way in which the application, by means of the connection to a wireless network, manages to calculate the user's location and to display the information on a map. Thanks to the use of complex algorithms, the application can show a fairly successful location of a mobile device. With this application the ITSL wants to become the first institution in the region by implementing a system for the location of a user within its facilities.

### Smart mobile, IPS, GPS

**Citación:** RODRÍGUEZ-LOZANO, Karla Verónica , FLORES-LUÉVANOS, María Guadalupe, MORENO- NUÑEZ, Elda, CANDELAS-SAUCEDO, José Ángel. Configuración e instalación de una infraestructura de red y el desarrollo de una aplicación móvil para la geolocalización de un usuario en el ITSL con tecnología IPS. Revista de Sistemas Computacionales y TIC'S 2017, 3-9: 14-24

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: krodriiguez@itslerdo.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Durante siglos las personas (viajeros, militares, etc), han querido saber donde se encuentran ubicados. La necesidad de saber si se ha llegado al lugar deseado ha dado paso al desarrollo de tecnologías de localización, permitiendo el desarrollo de infinidad de aplicaciones para determinar la posición actual de una persona u objeto.

Desde el año 1967 USA tenía un sistema de navegación satelital llamado NAVSTAR (red de satélites que proporcionan servicios de sistemas de posicionamiento global GPS), su uso era totalmente militar y permitía localizar un punto con un equipo receptor a través de 24 satélites situados en órbitas alrededor del mundo. Estos satélites GPS orbitan la Tierra enviando una señal sincronizada.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) puede darnos una ubicación precisa en casi cualquier lugar del mundo y actualmente es usado por millones de usuarios en el mundo. Sin embargo, la señal emitida por los satélites no es suficientemente potente como para penetrar paredes y techos, por lo que se hace una tarea difícil el utilizar este tipo de tecnología para ubicarse dentro de algún edificio.

Dentro de un espacio cerrado, es necesario otro tipo de tecnología para la ubicación, debido a esta atenuación de las señales del GPS. Esta tecnología es la de Sistema de Posicionamiento en Interiores (IPS o Indoor Positioning System), la cual se utiliza para localizar a personas u objetos en interiores, normalmente a través de un dispositivo móvil. Se puede precisar una ubicación mediante diversas técnicas, como la trilateración, dedicada a la medición de señales inalámbricas. La tecnología normalmente utilizada para el IPS es la de Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN), llamada Wi-Fi por el estándar IEEE 802.11[1].

Estas redes son sistemas de comunicación inalámbricos cuya señal puede interpretarse para calcular de forma aproximada la ubicación del usuario sin necesidad de hardware adicional utilizando el protocolo de comunicación TCP/IP y la capa de enlace de datos. El estándar IEEE 802.11[1] divide en dos subcapas a la capa de enlace de datos: a) control de enlace lógico (LLC) y b) control de acceso al medio (MAC), así como también define las características de la red Wi-Fi y servicios de autenticación, asociación y encriptación de datos.

Al igual que el GPS, IPS puede detectar la dirección en la que un dispositivo móvil se desplaza, y trazar una ruta para que el usuario pueda seguirla y llegar a su destino.

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar una aplicación móvil y configurar e instalar una infraestructura de red en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, para la geolocalización interna de un edificio. La siguiente sección muestra la metodología utilizada en el proyecto y la descripción de las etapas de dicha metodología.

## Metodología

Se eligió tomar como base para el diseño y la arquitectura el software Redpin@[2], el cual es un sistema de posicionamiento en interiores, con precisión a nivel de habitación. Este software es open source –de código abierto- y tiene dos componentes básicos: una aplicación móvil *sniffer* que monitorea y captura paquetes que viajan por la red y recopila información sobre los diferentes dispositivos inalámbricos en ésta para generar una huella digital, y un localizador que se ejecuta como un servidor central y almacena dichas huellas en un repositorio (en el servidor) y contiene el algoritmo para localizar un dispositivo móvil. Desde la aplicación móvil es posible agregar nuevas ubicaciones, que se adjuntan a las nuevas mediciones obtenidas por medio de la red inalámbrica. Redpin no devuelve coordenadas geográficas, sino identificadores simbólicos (por ejemplo el número o el nombre de una habitación).

El personal encargado del desarrollo del proyecto se dividió en dos equipos de trabajo: uno se enfocó a la configuración e instalación de la infraestructura de red en un edificio del ITSL; el otro equipo se dedicó a la creación del producto de software: una aplicación móvil capaz de detectar la ubicación del usuario al interior de ese edificio, utilizando la red de área local y el WiFi.

El ciclo de vida seleccionado en el desarrollo del software fue el incremental. Se eligió éste debido a que, si bien los requerimientos fueron definidos desde el inicio, el alcance general del proyecto imposibilitaba la ejecución de un proceso lineal, además que era importante para ambos equipos de desarrollo contar con módulos de funcionalidad completa aunque limitada, para hacer evaluaciones del progreso del proyecto, correcciones, adecuaciones, etc. Este modelo, según Pressman [3] contempla las etapas de comunicación, planeación, modelado –que abarca análisis y diseño-, construcción – que consiste en codificación y pruebas-, y despliegue.

### Especificaciones

La arquitectura del software es tipo cliente-servidor; el cliente es la aplicación instalada en el dispositivo móvil y el servidor es una computadora en la que se ejecuta una interfaz de programación de aplicación (API, por sus siglas en inglés) creada en lenguaje Java.

Como parte del análisis, se obtuvieron los siguientes requerimientos para la aplicación móvil:

- Ejecutarse en Android® mediante el uso del entorno de desarrollo integrado (IDE) de programación Android Studio® y tener compatibilidad con las versiones 2.3 a superior.
- Medir la intensidad de la señal que recibe el dispositivo móvil.
- Comparar una ubicación nueva con las ubicaciones ya almacenadas en el servidor.
- Visualizar la ubicación actual del dispositivo.

- Establecer conexión constante y confiable con el servidor mediante red inalámbrica por medio de 3 puntos de acceso para optimizar la localización.
- Permitir envío y recepción de datos procedentes del servidor.
- Cargar mapas al servidor vía una dirección URL, o desde la galería de imágenes.
- Crear, actualizar y eliminar puntos de localización.
- Permitir la visualización de la lista de mapas existentes en el servidor.
- Almacenar los datos recibidos del servidor, en una base de datos.

En cuanto a la API en el servidor, ésta debe cumplir con lo siguiente:

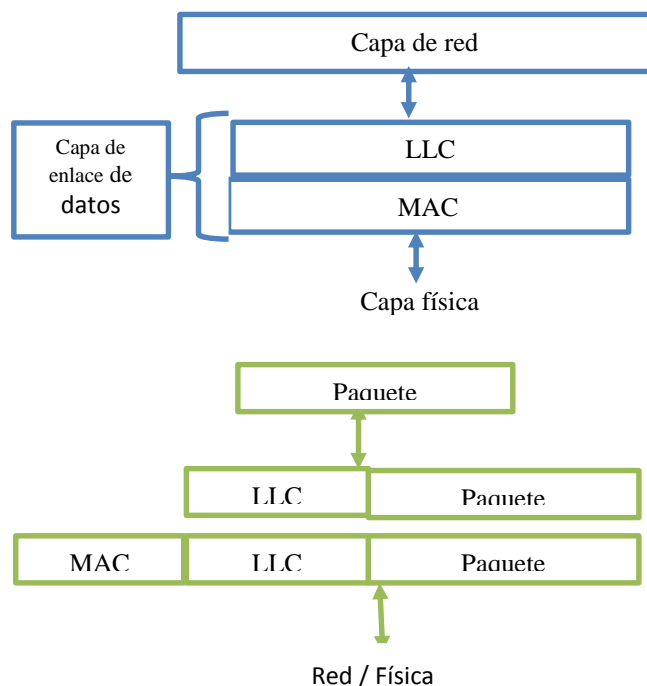
- Ejecución de cálculos, con base en el algoritmo de trilateración.

Y permitir el registro de los siguientes datos:

- Coordenadas que la aplicación móvil envía al servidor en los ejes x, y, z.
- Ubicación generada.
- Dirección y nombres de identificación de los mapas.
- Etiquetas para cada punto de localización registrado.
- Señales inalámbricas detectadas por el dispositivo móvil.

Dentro de las necesidades de conectividad para la aplicación móvil, fue necesario determinar las características de la red de área local de tipo inalámbrica (WLAN) que permitiera codificar la señal original con una señal pseudoaleatoria o codificar la frecuencia de trabajo con este mismo tipo de señal, destacando que ésta se basa en transmitir una parte de la información en un determinado intervalo de tiempo, cambiando de emisor a receptor conforme la secuencia de saltos. El protocolo utilizado para la comunicación es el TCP/IP, en donde el TCP, implementa la recuperación de errores por replicación, la conexión de datos y el control de flujo, mientras que el IP, gestiona el enrutamiento.

El proceso de la capa de enlace de datos utiliza al LLC, para definir como serán transferidos los datos sobre el medio físico y a la MAC, para establecer la estructura o datagramas de comunicación que serán sometidos a un proceso de detección de errores. Lo anterior se muestra en el siguiente gráfico.

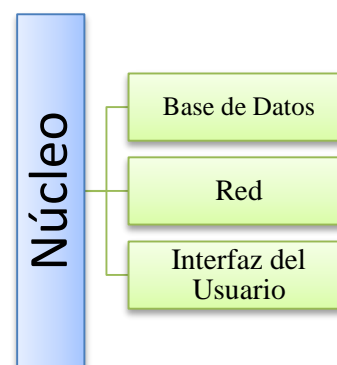


**Gráfico 1** Distribución de las subcapas LLC y MAC  
Fuente: Facultad de Ingeniería UNAM (2009), Departamento de Ingeniería en Telecomunicaciones, Estándar IEEE 802.11 WiFi

## Resultados

### Etapas de Diseño

El diseño modular de la aplicación móvil desarrollada es similar al RedPin®, en la cual cada módulo desempeña una función importante. En el gráfico 2 se muestran los módulos que tiene la aplicación, que son: núcleo, base de datos, red e interfaz de usuario, y se describen a continuación.



**Gráfico 2** Diagrama de Módulos  
Fuente: Elaboración propia

### Núcleo

Este es el módulo más importante de la aplicación móvil ya que realiza funciones que son vitales para el funcionamiento de esta:

- Lectura WiFi. Consiste en estar escaneando las redes disponibles, verificando los nombres de la red, el tipo de cifrado que utilizan y estatus de conexión a la red de la aplicación.
- Huella digital. Obtiene la intensidad de la señal que hay entre el dispositivo móvil y los puntos de acceso disponibles a su alcance para medir el tiempo de respuesta, el cual es enviado al servidor para calcularlo y guardarlo en la base de datos.
- Ubicación. Este apartado obtiene la ubicación actual calculada por el servidor.
- Mapa. Esta sección permite cargar o descargar un mapa del servidor.
- Mediciones: Guarda en un vector todas las mediciones que se han hecho a los puntos de acceso, las cuales estarán disponibles para su uso pertinente.

### Base de Datos

Este módulo obtiene información de las tablas de datos del servidor y la convierte a entidades. Estas entidades son enviadas a través de la aplicación para su posterior uso a otros módulos.

## Red

Este módulo se encarga de hacer la conexión al servidor mediante su dirección IP y el puerto que está utilizando. Este módulo hace uso de las librerías externas de HttpLegacy y GSON. La primera librería se utiliza en el envío y recepción de la información al servidor. La segunda librería es utilizada para descifrar la información que es recolectada.

## Interfaz del Usuario

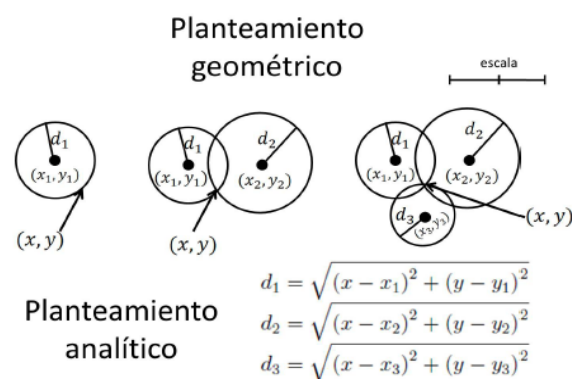
El diseño de interfaz también está basado en RedPin®, cuenta con cuatro layouts que son la interfaz principal, añadir mapa, lista y buscar, las cuales se describen a continuación:

- Principal: Dentro de este layout se encuentra el botón que indica que la aplicación está conectada a la misma red en la que se encuentra el servidor. Cuando la aplicación este conectada a la misma red que el servidor, el mapa del lugar en donde se encuentra ubicado se descarga y se visualiza.
- Añadir Mapa: Esta interfaz sirve para que el usuario pueda subir un mapa que no exista en el servidor. Dicho mapa puede subirse desde una dirección web o desde el almacenamiento de su teléfono.
- Lista: En esta interfaz se muestran dos listas, una de los mapas y la otra de las ubicaciones registradas. Al momento de seleccionar un elemento de la lista, este se muestra en la interfaz principal.
- Buscar: Esta interfaz cuenta con una barra de búsqueda, la que hace un filtrado en las listas de mapas y ubicaciones para encontrar un nombre en específico y cargarlo en la interfaz principal.
- API del Servidor: La API del servidor cuenta con dos procesos primordiales para la comunicación con el dispositivo móvil, dichos procesos se basaron en el código de la aplicación Server de RedPin®, con las adaptaciones pertinentes para el proyecto.

## Cálculo de ubicación

En la aplicación del servidor se programaron las fórmulas que, basadas en el algoritmo de trilateración, ejecutan los cálculos que necesita la aplicación para detectar la ubicación.

Gómez Treviño [4], afirma que la trilateración se basa en dos planteamientos; el geométrico que determina la posición de un objeto conociendo su distancia respecto a tres puntos de referencia y el analítico que calcula el punto donde se cruzan los tres círculos por medio del sistema de ecuaciones. Su planteamiento geométrico y analítico se muestra en la Figura 1.

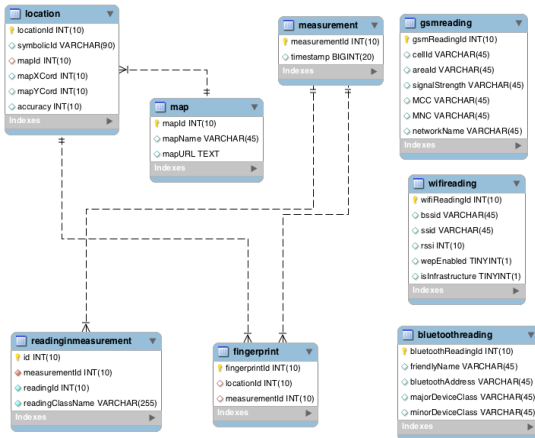


**Figura 1** Planteamiento geométrico y analítico de la trilateración

Fuente: Gómez Treviño, E. (2014) "Trilateración: Sismos, GPS, rayos y teléfonos celulares, y la XIX Olimpiada de Ciencias de la Tierra"

## Base de Datos

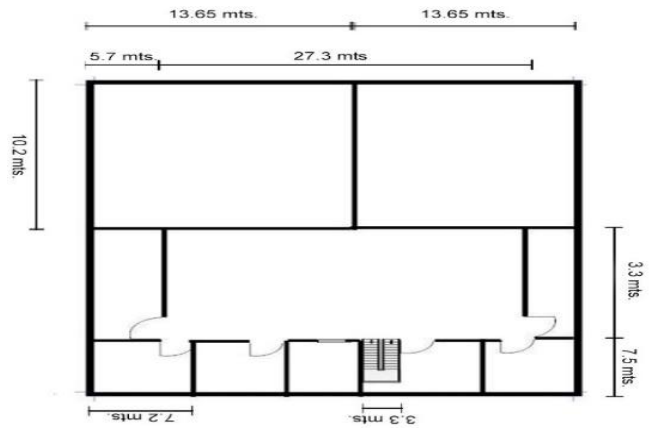
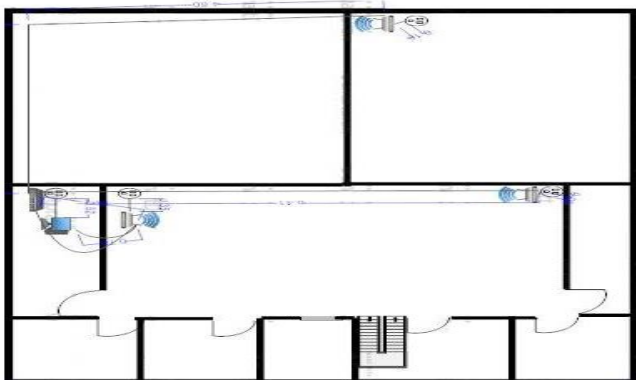
Entre los datos que se almacenan destacan la información de los mapas añadidos y de las ubicaciones tomadas a partir del escaneo. Otra de las tablas de la base de datos guarda las señales inalámbricas que el dispositivo móvil detecta, esto permite vincular los puntos con las señales inalámbricas disponibles, así el dispositivo puede conectarse a cualquier red. En la siguiente figura se muestra el diagrama relacional utilizado en la aplicación. Las tablas de dicha base de datos se basaron en el software de RedPin®.



**Figura 2** Diagrama Relacional  
Fuente: Basado en RedPin® Entorno de Desarrollo: MySQL Workbench Community®.

**Estructura de Red**

La utilización de tres puntos de acceso (Access Point) en aplicaciones IPS, permite construir un esquema que garantice la correcta ubicación de los dispositivos móviles vía WLAN. Por medio de ésta se vincula el mapa previamente descargado del servidor con la aplicación utilizando la trilateración de los nodos cercanos al punto de localización, como se muestra en la figura 3.



**Figura 3** Diseño de red con tres puntos de acceso  
Fuente: Elaboración propia. Entorno de diseño SmartDraw®

**Etapas de Codificación**

El servidor de la aplicación, como se mencionó anteriormente, está basado en el ejemplo que nos ofrece Redpin®. El archivo del servidor está contenido en dos carpetas llamadas: *RedpinCore* y *RedpinServer*. La primera contiene todas las operaciones necesarias para realizar los cálculos de la ubicación; la segunda sólo realiza las conexiones a la base de datos para enviar o recibir información. Dichas carpetas deben de estar contenidas en un mismo directorio.

**Conexión a la base de datos desde el servidor**

En caso que se necesiten cambiar las credenciales de conexión a la base de datos, se recomienda modificar el archivo de *redpin.properties*, ya que dentro del servidor, estas credenciales son utilizadas en todos los procesos en los cuales se tiene contacto con la base de datos, por tal razón ese archivo es de suma importancia.

**Conexión de la aplicación al servidor**

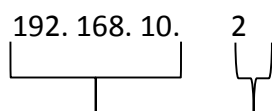
Así como el servidor se conecta a la base de datos, la aplicación también debe de estar conectada al servidor por medio de la red inalámbrica. Para poder lograr esto, se instala y configura una computadora conectada directamente por cable de red a un router inalámbrico, el cual transmite una señal inalámbrica.

Se debe de obtener la dirección IP del equipo de cómputo que esté ejecutando el servidor y el puerto en el cual lo está ejecutando (normalmente, siempre se ejecuta en el puerto 8000, a menos que se haya cambiado).

La aplicación móvil contiene una clase que está dentro del módulo de red llamada *ConnectionHandler*, en ella se encuentran las variables para colocar la dirección IP y el puerto que se obtiene del equipo que ejecuta el servidor.

## Red

La instalación del servidor con una dirección IP fija permitirá realizar una comunicación con el switch, vinculando la conectividad con los puntos de acceso y elementos de red. La codificación de los puntos de acceso es correspondiente a la infraestructura de red de la institución, la cual utiliza un direccionamiento ipv4 clase C, como muestra en el grafico 3.



Parte Correspondiente a la red

### Gráfico 3 Formato de direcciones IPv4

Fuente: Facultad de Ingeniería UNAM (2009), Departamento de Ingeniería en Telecomunicaciones, Estándar IEEE 802.11 WiFi

## Etapas de Pruebas

El desarrollo de la aplicación está basado en la plataforma para sistema operativo Android®, ya que es el sistema para dispositivos móviles más utilizado actualmente. En la Figura 4 (Ver Anexo) se muestra el diseño de la interfaz emulado en un dispositivo Android®, tiene las opciones de buscar, mostrar lista, y añadir mapa, además de contar con un indicador de conexión con el servidor. Estas opciones están ligadas a la operación de la aplicación. En el apartado de búsqueda de la aplicación, se realiza la búsqueda de una ubicación previamente almacenada o un mapa ya existente, permitiendo seleccionar dicha ubicación o mapa para su utilización dentro de la interfaz.

En la sección de mostrar lista, se encuentran los mapas disponibles y previamente almacenados, así como las ubicaciones añadidas a la aplicación. Se puede revisar si el mapa fue añadido exitosamente o si las ubicaciones están en el lugar deseado. Para iniciar el proceso de obtención de la posición, es necesario añadir un mapa al servidor y después generar puntos específicos para retornar la posición del dispositivo en el edificio. En la Figura 5 (Ver Anexo) se muestra la interfaz para añadir un nuevo mapa a la aplicación.

En este apartado se obtiene una imagen del mapa mediante una URL o mediante la búsqueda en el dispositivo. El cual es utilizado por la aplicación. Una vez cargado el mapa se tiene que tomar medidas de las ubicaciones en el establecimiento en la manera que a continuación se describe:

- Asegurarse que el mapa fue añadido correctamente.
- Seleccionar cada lugar en el mapa para colocar un punto de localización (Anexo figura 6).
- Colocar el nombre al punto seleccionado (etiqueta del lugar).
- Esperar a que las medidas sean capturadas por la aplicación (Anexo figura 7).

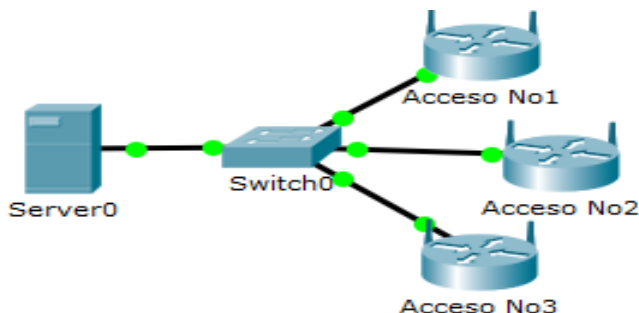
Una vez realizado esto, ya está configurado el mapa para su utilización. Si no se colocan los puntos en el mapa la aplicación arrojará el punto más próximo al dispositivo, puesto que no reconoció ningún punto en el servidor.

Es importante agregar los puntos de las locaciones del edificio para una mejor detección del dispositivo. En términos generales la aplicación para dispositivos móviles se enlaza por red WiFi con un servidor previamente configurado en el cual se almacena la información de los mapas añadidos y de las ubicaciones tomadas a partir de un rastreo.

El servidor responde las peticiones de la aplicación dando los puntos de localización al momento de tomar medidas.

**Red**

La conectividad y disponibilidad de una red así como el tiempo de respuesta en una conexión son con base en un direccionamiento IPv4, por consiguiente es necesario ejecutar el comando PING mediante la consola de CMD como lo muestra la siguiente figura 8.



```

Command Prompt
SERVER>ping 192.168.10.1

Pinging 192.168.10.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.10.1: bytes=32 time=11ms TTL=128
Reply from 192.168.10.1: bytes=32 time=12ms TTL=128
Reply from 192.168.10.1: bytes=32 time=16ms TTL=128
Reply from 192.168.10.1: bytes=32 time=0ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.10.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 16ms, Average = 9ms
    
```

**Figura 8** Prueba de Conectividad entorno de simulación Packet tracer  
Fuente: *Elaboración Propia. Entorno de Desarrollo: PacketTracer®*

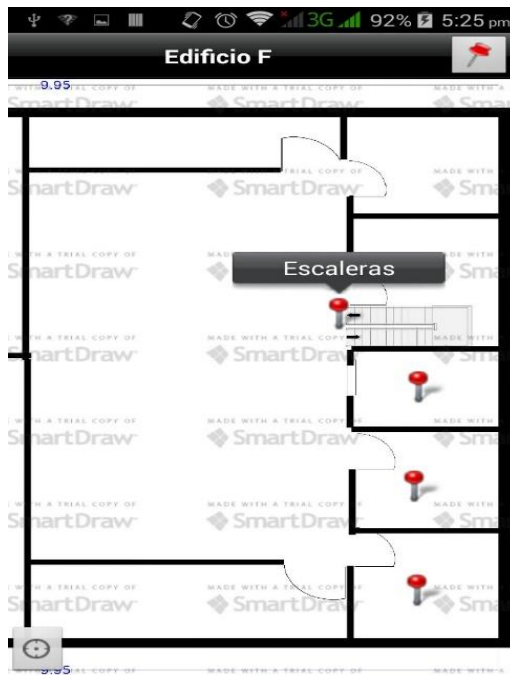
**Anexos**



**Figura 4** Interfaz Principal  
Fuente: *Elaboración Propia basado en RedPin®*

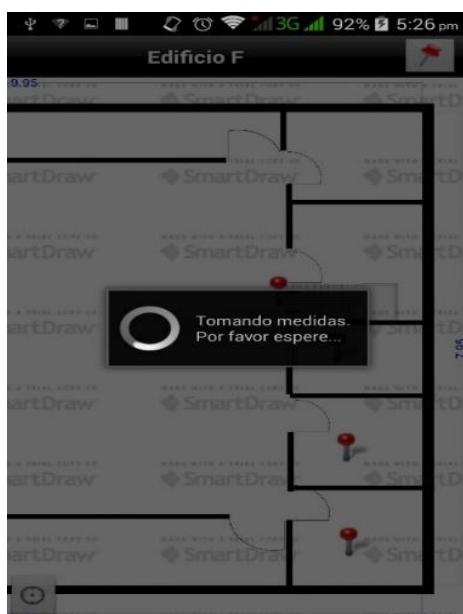


**Figura 5** Interfaz para añadir mapa  
Fuente: *Elaboración Propia basado en RedPin®*



**Figura 6:** Colocación de puntos  
Fuente: *Elaboración Propia basado en RedPin®*





**Figura 7** Toma de medidas

Fuente: Elaboración Propia basado en RedPin®

## Agradecimiento

Los autores agradecen a la Subdirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo por las facilidades otorgadas para la ejecución de este proyecto, así mismo agradecen al equipo de tesis por su valiosa colaboración en la investigación realizada.

## Conclusiones

El propósito de esta investigación fue desarrollar un proyecto, que además de ayudar a la comunidad estudiantil a ubicarse dentro de la institución, tenga todas las posibilidades de crecer para implementarse en otros sitios. Las aplicaciones computacionales dirigidas a la localización en interiores utilizando dispositivos móviles conforman un área de múltiples soluciones aplicables en aspectos diversos de la sociedad actual. Si bien los sistemas de localización en interiores (IPS) pueden utilizar diferentes tecnologías de soporte, en la actualidad son las redes inalámbricas las que permiten reducir los costos, ya que aprovechan la infraestructura de redes existente en los espacios en los que se implementará la localización.

Se espera que la investigación y el desarrollo de software enfocado a la localización en interiores, con base en la utilización de redes inalámbricas, continúe en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. De esta manera, este instituto se coloca a la vanguardia de las instituciones tecnológicas públicas de educación superior en México, en la creación de este tipo de soluciones.

## Referencias

[1] IEEE. *Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications* 802.11 IEEE Standard, 7 de diciembre 2016.

[2] Eth zurich (2016). RedPin®. Disponible en: <http://redpin.org/index.html>

[3] Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del Software* (Séptima ed.). México: McGraw-Hill.

[4] Gómez Treviño, E. (2014) “*Trilateración: Sismos, GPS, rayos y teléfonos celulares, y la XIX Olimpiada de Ciencias de la Tierra*”. GEOS, Vol. 34, No. 2. México. Disponible en: <http://olimpiadas.ugm.org.mx/docs/xxii/informe-xix.pdf>

Ali, Y., Pietro, L., & Zary, S. (2013). *Towards a Semantic-aware Location Positioning for Smartphones. Fifth International Conference on Ubiquitous and Future Networks*, 487-488.

Android Developers. (28 de Septiembre de 2016). Obtenido de <https://developer.android.com/about/versions/marshmallow/android-6.0.html>

Arfwedson, P., Berglund, J. “*Indoor Positioning System Development of serverside functionality, client communication and graphics engine*”, Uppsala Universitet, 29, 2015.

- Ashby, N. (2003). *Relativity in the Global Positioning System*. Dept. of Physics, University of Colorado.
- Baez, M., & Borrego, A. (s.f.). *Introducción a Android*. Madrid: E.M.E editorial.
- Barba, F. (2012). "Estudio de algoritmos de localización en interiores, para tecnologías móviles de última generación". Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Madrid, España.
- Beom-Ju, S., Kwang-Won, L., Sun-Ho, C., Joo-Yeon, K., Woo, J., Hyung, S. "Indoor WiFi Positioning System for Android-based Smartphone", Sejong University, 2, Seoul, Republic of Korea.
- Cisco Systems, Inc. (2013). Cisco. (C. a. affiliates, Editor) Obtenido de Cisco Systems, Inc. Web Site: [http://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/solutions/industries/docs/healthcare/wireless\\_with\\_ekahau\\_aag.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/healthcare/wireless_with_ekahau_aag.pdf)
- CNA (2017). Diccionario de Sistemas de Información Geográfica. Disponible en <http://siga.cna.gob.mx/SIGA/Diccionarios/glosario.htm#C>
- Djuknic, G. M., & Richton, R. E. (2002). Geolocation and assisted GPS. IEEE, 123 - 125.
- Eclipse. (03 de Noviembre de 2016). Eclipse documentation - Current Release. Obtenido de Eclipse Neon: [http://help.eclipse.org/neon/index.jsp?topic=%2Forg.eclipse.platform.doc.isv%2Fguide%2Fint\\_eclipse.htm](http://help.eclipse.org/neon/index.jsp?topic=%2Forg.eclipse.platform.doc.isv%2Fguide%2Fint_eclipse.htm)
- Gezici, S., Tian, Z., Giannakis, G. B., Kobayashi, H., Molisch, A. F., Poor, H. V., & Sahinoglu, Z. (2005). "Localization via ultra-wideband radios: a look at positioning aspects for future sensor networks". IEEE signal processing magazine, 22(4), 70-84.
- Gilfillan, I. (s.f.). *La biblia de Mysql*. Sybex.
- Guevara Soriano, A. (2010). *Dispositivos Móviles. Seguridad, Defensa Digital*.
- Golberg, H. J., & Gruson, F. (2007). "Measuring GPS Sensitivity". Tech. rep., Atmel White Paper.
- Gu, Y., Lo, A., & Niemegeers, I. (2009). "A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks." IEEE Communications surveys & tutorials, 11(1), 13-32.
- Gutiérrez, V., Lozano, J. & Pose, Víctor (2014). "Generador interactivo de instrucciones de guía sobre plataformas móviles". Departamento de ingeniería del software e inteligencia artificial Facultad de Informática Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.
- HTTP Components. (28 de Septiembre de 2016). Obtenido de <https://hc.apache.org/index.html>
- Ibañez Asensio, S., Gisbert Blanquer, J. M., & Moreno Ramón, H. (s.f.). *Sistema de coordenadas geográficas*. Universidad Politécnica de Valencia.
- INEGI (2011). Instructivo del programa para la transformación recíproca entre itr92, época 1988.0 e itr2008, época 2010.0 (versión 1.0). Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/doc/instructivo\\_para\\_la\\_transformacion\\_de\\_coordenadas.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/doc/instructivo_para_la_transformacion_de_coordenadas.pdf)
- K, D., & S, V. K. (2016). Comparative Analysis of Smart Phone Operating Systems Android, Apple iOS And Windows. International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS).
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (2006). *Understanding GPS Principles and Applications*. ARTECH HOUSE, INC.
- Kernighan, B. W., & Ritchie, D. M. (s.f.). *C Programming Language*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall Software Series.

Liu, H., et al. (2007): "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 37, no. 6.

Logsdon, T. S. (17 de 01 de 2017). GPS NAVIGATION. Recuperado el 2017, de <https://www.britannica.com/>: <https://www.britannica.com/technology/GPS#ref823338>

María E. Portillo Montiel, G. A. (2015). Algoritmo para geolocalización de dispositivos móviles a partir de emisores de WiFi. Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento, 12.

Martínez, D., "Comunicaciones Inalámbricas", Alfaomega, 2005.

Medeiros, L. X., Flores, E. L., Carrijo, G. A., & Veiga, A. C. P. (2011). "Optimization of calculation of field orientation time and binarization of fingerprint images". IEEE Latin America Transactions, 9(5), 868-874.

Mosquera Jérez, N. F. (2010). "Diseño e implementación de un red inalámbrica WLAN para la microempresa". ETIEXPRESS.

MySQL. (5 de Noviembre de 2016). *MySQL Reference Manual*. Obtenido de <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/>

Núñez, C. V., Peña, J. C., & Garzón, C. L. (2009). "Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina". Ingeniería y Desarrollo, (25).

Piedra, J. (2016). "Sistema de posicionamiento móvil para interiores vía WIFIP". Universidad Abierta de Cataluña. España.

Singh, I., Leitch, J., & Jesse, W. (28 de Septiembre de 2016). *Gson User Guide*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/gson/gson-user-guide>

Soyoung, H., & Donghui, Y. (2012). GPS Localization Improvement of Smartphones Using Built-in Sensors. *International Journal of Smarth Home*.

SQLite. (6 de Noviembre de 2016). *About SQLite*. Obtenido de <https://sqlite.org/about.html>

Villate, J. (2001). Introducción al XML. *Universidad de Oporto*.

Yavari, A., Lungaro, P., Segall, Z. "Towards a Semantic-aware Location Positioning for Smartphones", Fifth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), 487-488, Vietnam.

ZIH Corp and/or its affiliates®, (2017). Zebra®."Software RTLS". Obtenido de: <https://www.zebra.com/us/en/about-zebra/companyinformation/compliance/copyright.html>.