



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

## ESCOM

Trabajo Terminal  
**Sistema de localización en dispositivos móviles  
mediante el uso de las señales de comunicación  
Wi-Fi en ESCOM. (LOCUS)  
2012-A019**

Que para cumplir con la opción de titulación curricular en la carrera de:  
**Ingeniería en Sistemas Computacionales**

Presentan:  
**Hernández Oyarzábal Mauricio Francisco  
Navarro Cervantes José Rogelio  
Ruiz Wence Luis David**

*Directores*

**M. en C. Soto Ramos Manuel Alejandro      M. en C. Reyna Elia Melara Abarca**



México, D.F. a 20 de Mayo de 2013



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO



No. de Registro: 2012-A019

Serie: Amarilla

Mayo de 2013

Documento Técnico

**Locus: Sistema de localización en dispositivos móviles mediante el uso de las señales de comunicación Wi-Fi en ESCOM.**

Autores:

**Hernández Oyarzábal Mauricio Francisco**  
**Navarro Cervantes José Rogelio**  
**Ruiz Wence Luis David**

RESUMEN

El presente documento describe el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles la cual permitirá al usuario la localización propia y de sitios de interés dentro de un inmueble o campus universitario. Para el caso de estudio, se propone el diseño e implementación en la ESCOM, haciendo uso de tecnologías de comunicación tales como Wi-Fi (estándar IEEE 802.11b), los dispositivos móviles y los sistemas operativos propios de esta tecnología. Este proyecto servirá de apoyo a los usuarios para conocer la ubicación de sitios para la realización de sus trámites y servicios académicos.

**Palabras clave:** dispositivos móviles, posicionamiento espacial, redes computacionales.

*Directores*

**M. en C. Soto Ramos Manuel Alejandro**

**M. en C. Reyna Elia Melara Abarca**

México D.F. a 20 de Mayo de 2013



ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO  
SUBDIRECCIÓN ACÁDEMICA  
DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN INTEGRAL E INSTITUCIONAL



COMISIÓN ACÁDEMICA DE TRABAJO TERMINAL

México, D.F. a 24 de Mayo del 2013

**ING. APOLINAR FCO. CRUZ LÁZARO**  
**PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACÁDEMICA**  
**DE TRABAJO TERMINAL**  
**PRESENTE**

Por medio del presente, informamos que los alumnos que integran el TRABAJO TERMINAL 2012-A019 titulado “**Sistema de localización en dispositivos móviles mediante el uso de las señales de comunicación Wi-Fi en ESCOM**”, concluyeron satisfactoriamente su trabajo.

El empastado del Reporte Técnico Final y el Disco Compacto (CD) fueron revisados ampliamente por sus servidores y corregidos, cubriendo el alcance y el objetivo planteados en el protocolo original y de acuerdo a los requisitos establecidos por la Comisión que usted preside.

**ATENTAMENTE**

M. en C. Alejandro Manuel Soto Ramos

M. en C. Reyna Elia Melara Abarca

Directores

## Advertencia

*“Este documento contiene información desarrollada por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, a partir de datos y documentos con derecho de propiedad y por lo tanto, su uso quedará restringido a las aplicaciones que explícitamente se convengan.”*

La aplicación no convenida exime a la escuela su responsabilidad técnica y da lugar a las consecuencias legales que para tal efecto se determinen.

Información adicional sobre este reporte técnico podrá obtenerse en:

En La Subdirección Académica de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, situada en Av. Juan de Dios Bátiz s/n Teléfono: 57296000 Extensión 52000

## Índice general

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 Planteamiento del problema .....	11
1.2 Objetivo general .....	11
1.3 Objetivos específicos.....	11
1.4 Contexto .....	11
1.5 Justificación.....	11
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Cómputo móvil.....	15
2.1.1 Servicios.....	15
2.1.2 Redes de comunicación.....	16
2.2 Estándar IEEE 802.11 .....	19
2.2.1 Bandas de frecuencia .....	20
2.2.2 Interferencia y atenuación .....	21
2.2.3 Envío de datos en las ondas de radio .....	21
2.3 Tecnologías de localización.....	22
2.3.1 Métodos para el posicionamiento. ....	23
2.4 Estándar IEEE 802.11 como auxiliar para el posicionamiento .....	26
2.5 Sistema de posicionamiento global .....	26
2.5.1 Algoritmos de cálculo de rutas.....	27
2.6 Sistemas Operativos móviles.....	28
2.6.1 Android .....	28
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DISEÑO .....	33
3.1 Análisis.....	34
3.1.1 Estudio de factibilidad .....	36
3.1.2 Factibilidad técnica .....	36
3.1.3 Factibilidad operativa.....	39
3.1.4 Factibilidad económica .....	40

3.1.5	Requisitos funcionales y no funcionales .....	41
3.2	Diseño.....	43
3.2.1	Casos de uso.....	43
3.2.2	Diagramas de estado .....	59
3.2.3	Diagrama de clases.....	60
3.2.4	Diagrama de despliegue .....	60
3.2.5	Diagrama de Arquitectura.....	61
3.2.6	Diagrama Entidad-Relación.....	61
CAPÍTULO 4: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN .....		63
4.1	Mapas de las instalaciones .....	64
4.1.1	Medición .....	64
4.1.2	Diseño .....	64
4.1.3	Segmentación.....	65
4.2	Procesamiento de las señales.....	66
4.2.1	Análisis del espectro .....	66
4.2.2	Almacenamiento del espectro .....	69
4.3	Desarrollo de la aplicación .....	69
4.3.1	Herramientas de desarrollo .....	70
4.3.2	Interfaces gráficas .....	70
4.3.3	Localización del usuario .....	72
4.3.4	Búsqueda de sitios.....	75
4.4	Trazado de rutas .....	75
4.5	Pruebas .....	76
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....		79
5.1	Conclusiones .....	80
CAPÍTULO 6: TRABAJOS A FUTURO.....		82
6.1	Trabajos a futuro.....	83
Glosario.....		84
Referencias.....		89

## Índice de figuras

Figura 2.1. Modelo cliente-servidor.....	17
Figura 2.2. Capas, protocolos e interfaces .....	17
Figura 2.3. Modelo OSI y la norma IEEE 802.11 .....	19
Figura 2.4. Espectro electromagnético.....	21
Figura 2.5 Esquema del funcionamiento de timing advance .....	23
Figura 2.6. Funcionamiento del método de ángulo de llegada .....	24
Figura 2.7. Método basado en la diferencia en el tiempo de llegada.....	25
Figura 3.1. Porcentaje de respuestas a la pregunta 1 de la encuesta .....	34
Figura 3.2. Porcentaje de respuestas a la pregunta 2 de la encuesta .....	35
Figura 3.3. Esquema de los AP oficiales en la Escuela Superior de Cómputo .....	37
Figura 3.4. Estadísticas de los S.O. móviles más usados.....	37
Figura 3.5. Estadísticas de uso de las versiones de Android.....	39
Figura 3.6. Calendario de actividades de TT1 .....	39
Figura 3.7. Diagrama de casos de uso general del sistema .....	43
Figura 3.8. Diagrama de casos de uso a Nivel 1 .....	43
Figura 3.9. Diagrama de secuencia para el CU 1 .....	44
Figura 3.10. Diagrama de secuencia para el CU 2.....	46
Figura 3.11. Diagrama de secuencia para el CU 3.....	48
Figura 3.12. Diagrama de secuencia para el CU 4.....	51
Figura 3.13. Diagrama de secuencia para el CU 5.....	53
Figura 3.14. Diagrama de secuencia para el CU 6.....	55
Figura 3.15. Diagrama de secuencia para el CU 7.....	57
Figura 3.16. Diagrama de estados del localizador .....	59
Figura 3.17. Diagrama de estados del mapa .....	59

Figura 3.18. Diagrama de clases del sistema .....	60
Figura 3.19. Diagrama de despliegue del sistema.....	60
Figura 3.20. Diagrama de arquitectura.....	61
Figura 3.21. Diagrama Entidad-Relación de la basa de datos .....	62
Figura 4.1. Mapa de la planta baja de ESCOM .....	64
Figura 4.2. Mapa de la planta 1 de ESCOM .....	64
Figura 4.3. Mapa de la planta 2 de ESCOM .....	65
Figura 4.4. Mapa con la superposición de la rejilla .....	66
Figura 4.5. Diagrama de flujo para el procesamiento de datos .....	66
Figura 4.6. Aplicación para el monitoreo    Figura 4.7. Archivo de resultado de monitoreo .....	67
Figura 4.8. Resultado en consola del procesamiento de los archivos .....	67
Figura 4.9. Fragmento de las sentencias generadas para la base de datos .....	68
Figura 4.10. Mapa de dispersión de las mejores señales .....	68
Figura 4.11. Mapa de dispersión de las peores señales.....	69
Figura 4.12. Pantalla principal de la aplicación .....	70
Figura 4.13. Pantalla de configuración con opciones por defecto .....	71
Figura 4.14. Pantalla de configuración con opciones modificadas.....	71
Figura 4.15. Pantalla de exploración.....	71
Figura 4.16. Pantalla inicial de búsqueda .....	72
Figura 4.17. Pantalla con las opciones de autocompletado.....	72
Figura 4.18. Pantalla con la localización del sitio buscado .....	72
Figura 4.19. Diagrama de flujo para la obtención de la localización.....	73
Figura 4.20. Mejores y peores sitios para la planta 1 .....	77
Figura 4.21. Mejores y peores sitios de la planta 2.....	77
Figura 4.22. Poroporción éxito/fracaso.....	78



---

## Índice de tablas

Tabla 2.1. Rango de frecuencias .....	20
Tabla 2.2. Lista de materiales que ocasionan interferencia en las señales inalámbricas .....	21
Tabla 2.3. Versiones de Android y sus características.....	32
Tabla 3.1. Cuadro comparativo entre los sitios de interés en la Escuela Superior de cómputo.....	35
Tabla 3.2. Comparación entre los sistemas operativos Android, iOS y Windows Phone .....	38
Tabla 3.3. Atributos del CU 1 .....	44
Tabla 3.4. Atributos del CU 2 .....	46
Tabla 3.5. Atributos del CU 3 .....	48
Tabla 3.6. Atributos del CU 4.....	51
Tabla 3.7. Atributos del CU 5 .....	53
Tabla 3.8. Atributos del CU 6.....	55
Tabla 3.9. Atributos del CU 7 .....	57
Tabla 4.1. Referencias de las señales en la Figura 4.10.....	68
Tabla 4.2. Referencias de la señales de la Figura 4.11 .....	69
Tabla 4.3. Resultados de las pruebas .....	77
Tabla 4.4. Detalle de la estadística general.....	78

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 Planteamiento del problema

Actualmente, en la Internet se brindan múltiples servicios de localización; dichos servicios se encuentran disponibles para el público en general, por lo cual no es necesario ninguna identificación para poder acceder a ellos, además, estos servicios están enfocados en su mayoría exteriores como por ejemplo, calles de ciudades; desafortunadamente no se cuenta con mapas para infraestructuras como centros comerciales, plazas, instituciones de gobierno, escuelas, entre otros; la seguridad de los lugares mencionados antes es una de las razones principales por las que no se cuenta con un mapa de las mismas disponibles para el público.

Hoy en día la Escuela Superior de Cómputo no cuenta con un mapa adecuado que señale los sitios más relevantes de las instalaciones de una manera adecuada, además, se tienen problemas cuando los integrantes de la comunidad de esta institución buscan un sitio específico dentro de las instalaciones de la misma.

## 1.2 Objetivo general

Desarrollar un sistema para dispositivos móviles que permita a los usuarios ubicarse espacialmente y encontrar la ubicación de sitios de interés dentro de un mapa virtual de la Escuela Superior de Cómputo, haciendo uso de las señales emitidas por las redes inalámbricas que están disponibles dentro del inmueble de la institución.

## 1.3 Objetivos específicos

- Crear un mapa virtual de la Escuela Superior de Cómputo, colocándolo dentro del sistema de localización propuesto.
- Lograr obtener la localización del usuario con un error no mayor a 10 metros.
- Permitir la localización de sitios de interés dentro del inmueble.
- Mostrar una ruta que sirvan de guía para llegar a un sitio de interés.
- Identificar todos los puntos de acceso propiedad de la Escuela Superior de Cómputo, así como su ubicación en las instalaciones.
- Brindar un servicio de localización en el interior de la institución manteniendo la privacidad de la misma.

## 1.4 Contexto

Este sistema está diseñado para ser usado específicamente en la Escuela Superior de Cómputo, siendo útil para la comunidad de dicha institución, teniendo una mayor utilidad en situaciones tales como: los cursos de inducción, los exámenes de ingreso y los inicios de clase, en donde los grupos están distribuidos en toda la escuela o las personas no tienen la certeza de saber la ubicación de un determinado sitio, por lo tanto, puede resultar un problema la localización de tal elemento.

## 1.5 Justificación

Actualmente no se cuenta con un sistema que permita la localización dentro de la Escuela Superior de Cómputo, por lo que encontrar determinados lugares resulta complicado, más aún para aquellos miembros de la comunidad que son recién admitidos, generando problemas diversos. Aunado a esto no se cuenta con un mapa plenamente difundido y conocido, que además permita la localización de los lugares más importantes para la comunidad de la escuela. Se tiene en cuenta que razones como la seguridad y privacidad de la institución son un factor importante que impide a empresas desarrolladoras (de servicios de

localización en la red) la creación de un recurso que se pueda consultar mediante Internet. Además del costo que representa el desarrollo de un sistema como este



## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

---

## 2.1 Cómputo móvil

El avance de la tecnología ha evolucionado a la par de las necesidades de las personas, así mismo las tendencias de desarrollo se han inclinado a favor de la movilidad y diseños compactos. La combinación de estos factores, enfocados hacia la computación, ha traído como consecuencia el surgimiento de una nueva área denominada Cómputo móvil.

El concepto anterior se define como el uso de equipos portátiles sin la necesidad de estar conectados a una red de comunicaciones, en específico una conexión física a través de cables, además de realizar cómputo como medio para desempeñar sus tareas. Los dispositivos que se encuentran en esta categoría son las computadoras portátiles, los teléfonos celulares (o móviles como se les conoce actualmente), las calculadoras de bolsillo, entre otros [1]. Al ser una tecnología móvil, el usuario puede utilizarlo en cualquier momento, pero se ve restringido en función de la disponibilidad de servicios y limitantes tecnológicas del dispositivo.

Actualmente el número de personas que utilizan la computación móvil ha incrementado considerablemente a causa de su popularidad; hoy en día resulta indispensable para desempeñar ciertas funciones, entre ellas la comunicación.

A finales del año 2001, 933 millones de personas utilizaban ya la telefonía móvil en todo el mundo [2]. Actualmente, el cómputo móvil ya no sólo es un instrumento con propósito de entretenimiento y comunicación, sino también se ha convertido en una herramienta de trabajo, creando para ella aplicaciones y servicios de manera constante, a los cuales las personas tienen mayor acceso.

Con el fin de extender la funcionalidad de los equipos que se encuentran catalogados como dispositivos de cómputo móvil se desarrollaron múltiples servicios de comunicación que se integraron al existente método de comunicación de llamada a teléfono celular, por ello es importante explicar algunos de ellos para comprender los temas posteriores que se abordaran.

### 2.1.1 Servicios

La evolución tecnología de los equipos móviles, así como el desarrollo de nuevos tipos de servicios, han permitido que los usuarios utilicen estos dispositivos con más frecuencia, con otros fines más que el de hablar. Los servicios que son orientados al envío y recepción de datos cubren las necesidades básicas de muchos usuarios, que van desde el envío de mensajes de texto hasta navegar por internet. A continuación se describen brevemente los diferentes servicios que son posibles gracias a la computación móvil.

#### Short MessageService (SMS)

Para lograr la comunicación de una forma rápida, barata y precisa se ha desarrollado el servicio de mensajes cortos o SMS, que se ha convertido en el servicio móvil de datos que más beneficios genera para las operadoras de telefonía móvil GSM (del francés GroupeSpécial Mobile) desde 1999. [3]

El SMS consiste en el intercambio de mensajes únicamente de texto sin formato entre teléfonos móviles, garantizando al usuario el correcto envío de la información.

### **Multimedia Messaging System (MMS)**

La mensajería multimedia móvil o MMS es un estándar que permite al usuario enviar y recibir en un mismo mensaje de texto con formato, sonido, imágenes, animaciones y vídeo.

Los MMS permiten transmitir mensajes que contengan texto y multimedia entre cualquier dispositivo móvil utilizando las altas velocidades de transmisión que permiten GPRS (en inglés General Packet Radio Service) y UMTS (en inglés Universal Mobile Telecommunications System). [3]

### **Acceso a Internet**

El protocolo de aplicaciones inalámbricas o WAP (en inglés Wireless Application Protocol) es un estándar que permite acceder a Internet a través de la red móvil GSM/GPRS/UMTS. WAP es una pila de protocolos más ligera pero compatible con la pila TCP/IP (en inglés Transmission Control Protocol / Internet Protocol). [3]

WAP está basado en la implementación de un micronavegador específico encargado de la comunicación y se realiza peticiones HTTP (en inglés HyperText Transfer Protocol), que son tratadas hacia el servidor de información Web adecuado. Para identificar los recursos locales del dispositivo y los servidores HTTP de información, se utiliza el modelo de nombres estándar de Internet o URL (en inglés Uniform Resource Locator). [3]

Junto a estos servicios las redes de comunicación han crecido de una manera acelerada para dar soporte y alcance a los antes mencionados, ya que los servicios son una más de las bondades que ofrecen las redes de comunicación, por ello se proseguirá a explicar más de su funcionamiento de las mismas.

## **2.1.2 Redes de comunicación**

Las redes de comunicación proporcionan la capacidad y los elementos necesarios para mantener a distancia un intercambio de información. Dichos elementos comprenden la disposición de acceso a una red de comunicaciones, al transporte de los datos y los medios, y los procedimientos para el intercambio de la información.

### **Estructura**

Una red de comunicación está formada por conexiones entre un conjunto de computadoras y dispositivos asociados que permiten a los usuarios la transferencia de la información.

Una red de área local es un ejemplo de la configuración empleada en muchas de las empresas y lugares de trabajo. Un módem permite a las computadoras transferir información a través de las líneas telefónicas cableadas o de forma inalámbrica. El módem convierte las señales digitales a analógicas y viceversa, y permite la comunicación entre computadoras muy distantes entre sí.

### **Modelo Cliente-servidor**

Se utiliza ampliamente y forma la base en gran medida del uso de redes [4]. Es aplicable cuando el cliente y el servidor están en el mismo edificio, pero también cuando no se encuentran físicamente en el mismo lugar. En la mayoría de los casos, un servidor puede manejar una gran cantidad de peticiones por parte de los clientes.



La comunicación presente en este modelo se lleva a cabo de la siguiente forma: el cliente envía una petición a través de la red al servidor y espera una respuesta. Cuando el servidor recibe los datos, realiza las tareas asignadas que se piden y devuelve una respuesta. En la Figura 2.1 se muestra de manera gráfica el proceso de comunicación de éste modelo.

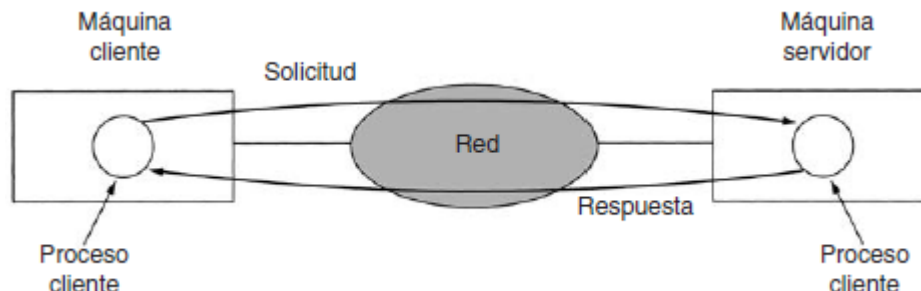


Figura 2.1. Modelo cliente-servidor

### Software de red

La mayoría de las redes están organizadas mediante una pila de capas o niveles, cada una construida a partir de la que está debajo de ella. El propósito de cada capa es ofrecer ciertos servicios a las superiores, sin mostrar los detalles reales de implementación de los servicios ofrecidos.

La capa “n” de una máquina mantiene una conversación con la capa “n” de otra máquina. Las reglas y convenciones utilizadas en esta conversación se conocen de manera colectiva como protocolo de capa “n”. Básicamente, un protocolo es un acuerdo entre las partes en comunicación sobre cómo se debe llevar a cabo la comunicación [4]. Se muestra en la Figura 2.2 cómo se encuentran comunicadas las capas mediante sus interfaces y sus protocolos.

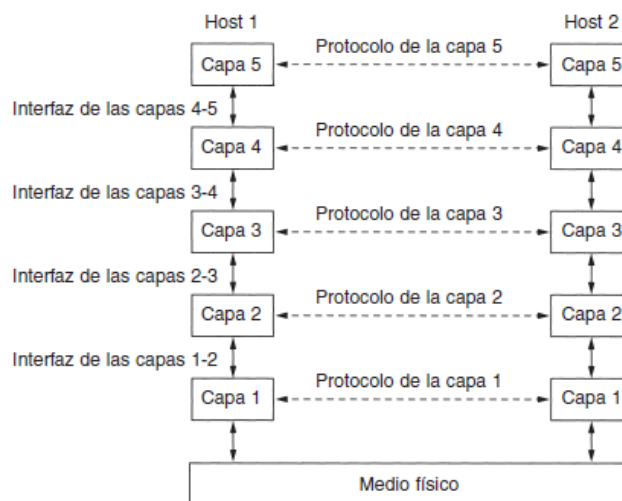


Figura 2.2. Capas, protocolos e interfaces

Un conjunto de capas y protocolos se conoce como arquitectura de red. La especificación de una arquitectura debe contener información suficiente para permitir escribir los programas o desarrollar el hardware para cada capa, de tal manera que se debe cumplir correctamente con el protocolo apropiado. La lista de protocolos utilizados por un sistema, un protocolo por capa, se conoce como pila de protocolos.

### Hardware de red

Existen dos tipos de tecnología de transmisión que se utilizan de manera extensa. Son las siguientes:

1. Enlaces de difusión.

Las redes de difusión tienen un solo canal de comunicación, por lo que todas las máquinas de la red lo comparten. Permiten el direccionamiento de un paquete a todos los destinos utilizando un código especial en el campo de dirección. Cuando se transmite un paquete con este código, todas las máquinas de la red lo reciben y procesan. Si el paquete va destinado a esa máquina, ésta lo procesa; si va destinado a alguna otra, lo ignora. [4]

2. Enlaces de punto a punto.

Constan de muchas conexiones entre pares individuales de máquinas. Para ir del origen al destino, un paquete en este tipo de red podría tener que visitar primero una o más máquinas intermedias. Es posible que existan varias rutas o longitudes diferentes, de manera que encontrar las correctas es importante en redes de punto a punto. Las redes más pequeñas localizadas en una misma área geográfica tienden a utilizar la difusión, mientras que las más grandes suelen ser de punto a punto. La transmisión de punto a punto con un emisor y un receptor se conoce como unidifusión. [4]

Las redes de área local (generalmente conocidas como LAN) son redes de propiedad privada que se encuentran en un solo edificio o en un campus de pocos kilómetros de longitud. Se utilizan ampliamente para conectar computadoras personales y estaciones de trabajo en oficinas de una empresa y de fábricas para compartir recursos e intercambiar información.

### Conexiones de red

Una red tiene dos tipos de conexiones:

1. Las conexiones físicas están definidas por el medio empleado para transmitir la señal, por la topología y por el método usado para compartir información.
2. Las conexiones lógicas son creadas por los protocolos de red y permiten compartir datos a través de la red entre aplicaciones correspondientes a ordenadores de distinto tipo.

El conjunto de Protocolos de Control de Transmisión y Protocolo de Internet (TCP/IP, siglas en inglés) es el conjunto de conexiones lógicas empleado por Internet, la red de redes. [4]

El uso extendido de equipos portátiles ha impulsado avances en las redes inalámbricas. Las redes inalámbricas utilizan transmisiones de infrarrojos o radiofrecuencias para unir las computadoras portátiles a las redes.

Las WLAN (en inglés Wireless Local Area Network) de infrarrojo sólo funcionan dentro de una misma habitación, mientras que las WLAN de radiofrecuencias pueden funcionar a través de casi cualquier pared. [4]

Las WAN (en inglés Wide Area Network) inalámbricas emplean redes de telefonía celular, transmisiones vía satélite o equipos específicos y proporcionan una cobertura regional o mundial. [4]

Entre las diversas tecnologías disponibles para el despliegue de redes de comunicación, se encuentra el estándar IEEE 802.11, cuyo uso y características de comunicación inalámbricas, lo convierten en soporte de las tecnologías de comunicación contenidas en los dispositivos móviles y equipos de cómputo, por lo cual es un pilar del sistema y se explicara a continuación.

## 2.2 Estándar IEEE 802.11

Una red LAN inalámbrica es un sistema de transmisión de datos diseñado para proporcionar una ubicación independiente de acceso a la red entre dispositivos informáticos por medio de ondas de radio en lugar de una infraestructura de cable.

La especificación 802.11 como un estándar para redes WLAN fue ratificado por el IEEE (en inglés, Institute of Electrical and Electronics Engineers) en el año de 1997. Esta versión de 802.11 dispone de 1 Mbps y 2 Mbps de datos de tarifas y un conjunto de métodos de señalización fundamentales y otros servicios. Como todos los estándares IEEE 802, los estándares 802.11 centran en la parte inferior dos niveles del modelo OSI, la capa física y capa de enlace (Figura 2.3). Cualquier aplicación inalámbrica a internet, sistema operativo de red, protocolos, incluyendo TCP / IP y Novell NetWare, se ejecutará en una WLAN 802.11 compatibles con la misma facilidad que se ejecutan a través de Ethernet. [5]

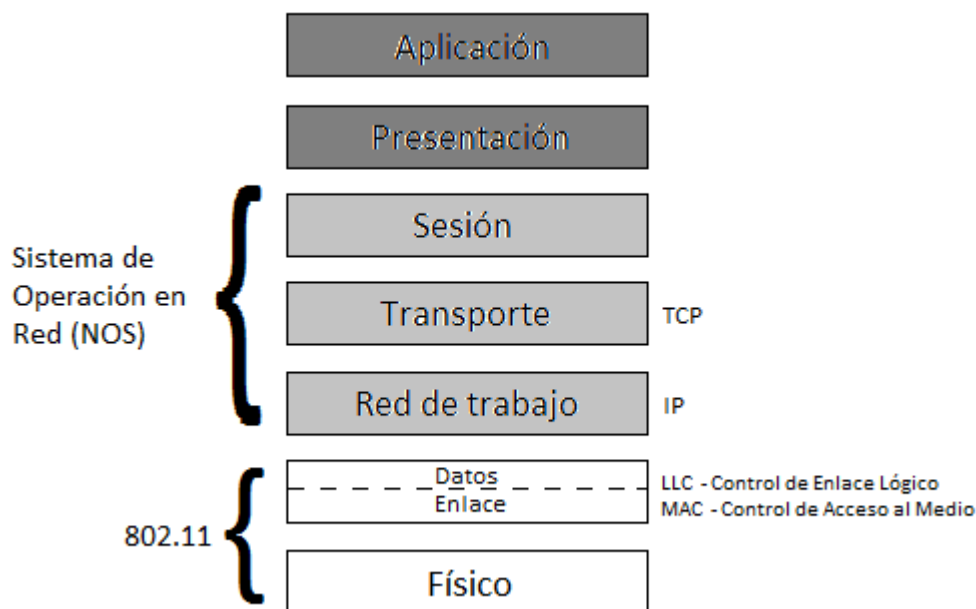


Figura 2.3. Modelo OSI y la norma IEEE 802.11

El mayor beneficio y motivación que otorgan las WLAN es la movilidad. Sin restricción en las conexiones de red convencionales, los usuarios pueden moverse sin restricciones y tener acceso a las redes desde casi cualquier lugar, teniendo en cuenta la disponibilidad de estas mismas.

### 2.2.1 Bandas de frecuencia

Las bandas de frecuencia son el resultado de la división del espectro electromagnético, con el objetivo de delimitar el acceso de usuarios a determinadas bandas. En México y en otros países, las bandas de frecuencia son de 900 megahercios (MHz), 2,4 GHz y, en algunos casos, de hasta 5 GHz. Si bien estas bandas de frecuencia no requieren licencia, los equipos que las utilicen deben estar certificados por los reguladores del país donde se encuentren. Los equipos que no poseen licencia utilizan una potencia baja y su alcance es limitado. Estos dispositivos deben ser muy resistentes a las interferencias, ya que al no garantizar que los usuarios posean acceso exclusivo a estas frecuencias sin licencia, pueden sufrir intrusiones. En la Tabla 2.1 se muestra el rango de frecuencias.

Denominación de Frecuencias	Siglas	Margen de frecuencias
Muy bajas	VLF (VeryLowFrequency)	3-30 KHz
Bajas	LF (LowFrequency)	30-300 KHz
Medias	MF (Medium Frequency)	300-3000 KHz
Altas	HF (High Frequency)	3-30 MHz
Muy Altas	VHF (Very High Frequency)	30-300 MHz
Ultra Altas	UHF (Ultra High Frequency)	300-3000 MHz
Super Altas	SHF (Super High Frequency)	3-30 GHz
Extra Altas	EHF (Extra High Frequency)	30-300 GHz

Tabla 2.1. Rango de frecuencias

Las redes inalámbricas prevalecen en gran medida ante el problema de la línea de visión, ya que pasan a una frecuencia más alta que otros aparatos en el espectro electromagnético. Estas redes funcionan a unos 2,4 GHz y, en algunos casos, a mayor frecuencia [4]. Aun así, se encuentran por debajo del espectro de luz visible.

Gracias al uso de esa frecuencia, la longitud de la onda es tan imperceptible que logra traspasar objetos sólidos. En la Figura 2.4 se muestra cuáles son los materiales sólidos que más interfieren en las redes inalámbricas.

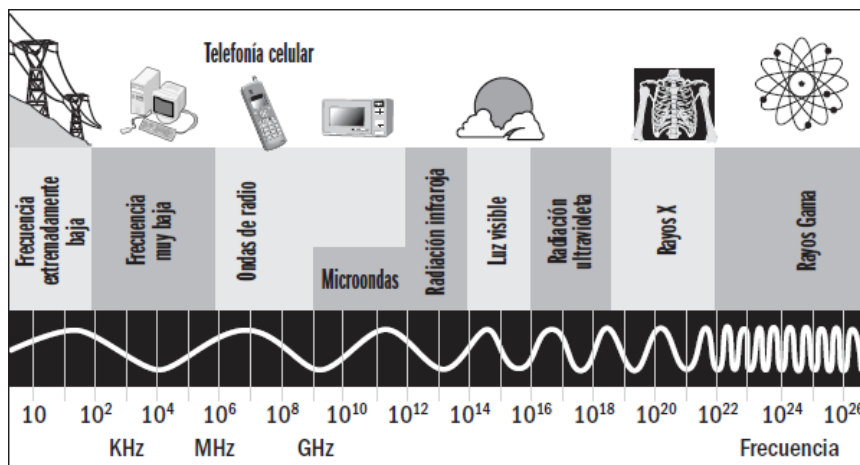


Figura 2.4. Espectro electromagnético

### 2.2.2 Interferencia y atenuación

Debido a su naturaleza, las señales de radio frecuencia pueden desvanecerse o bloquearse a causa de algunos materiales en el ambiente. En la Tabla 2.2 se enumeran los materiales que se deben considerar con el propósito de realizar una instalación.

Material	Ejemplo	Interferencia
Madera	Tabiques	Baja
Vidrio	Ventanas	Baja
Amianto	Techos	Baja
Yeso	Paredes interiores	Baja
Ladrillo	Paredes interiores y exteriores	Media
Hojas	Árboles y plantas	Media
Agua	Lluvia / Niebla	Alta
Cerámica	Tejas	Alta
Papel	Rollos de papel	Alta
Vidrio con alto grado de en plomo	Ventanas	Alta
Metales	Vigas, armarios	Muy alta

Tabla 2.2. Lista de materiales que ocasionan interferencia en las señales inalámbricas

### 2.2.3 Envío de datos en las ondas de radio

Otro de los aspectos importantes es saber la forma manera en que se transmiten los datos a través de las ondas de radio y cómo son clasificadas por el receptor.

Para enviar datos a través de ondas de radio se utiliza un estándar de comunicación, que consiste en un conjunto de normas establecidas por instituciones certificadoras de telecomunicaciones con el fin de que los dispositivos se comuniquen correctamente. Independientemente de los diferentes estándares de

comunicación que se tienen, la prioridad que tienen en común es la de ordenar las señales de datos que coinciden.

Los dispositivos inalámbricos usan dos tipos diferentes de estrategias para resolver este solapamiento de señales:

- Espectro Extendido con Salto de Frecuencias (FHSS, en inglés Frequency-Hopping Spread Spectrum): Este tipo de estándar posee un gran número de patrones de salto para que las redes que utilicen este espectro y se encuentren en un lugar cercano unas a otras, no tengan posibilidad de usar la misma frecuencia en forma simultánea. Puede resistir a los ataques de espías, ya que los patrones de salto pueden evitar casi todos los analizadores de espectro. [4]
- DSSS (Espectro Extendido de Frecuencia Directa (DSSS, en inglés Direct-Sequence Spread Spectrum): este espectro divide una franja del ancho de banda en canales separados y no transmite durante un largo tiempo en una misma frecuencia del canal. Existen redes que pueden llegar a coincidir sin que las señales de unas y otras se interfieran. [4]

Estas dos formas de transmisión de espectro extendido resisten las interferencias, ya que no hay una sola frecuencia en uso constante.

Muchas de los servicios antes descritos en conjunto con las redes de comunicación han creado un medio en el cual un conjunto de dispositivos y métodos brindan la posibilidad de determinar la posición absoluta o relativa de un objeto; a todos ellos se les denomina tecnologías de localización.

### 2.3 Tecnologías de localización

Podemos definir a la localización como la capacidad de determinar la posición relativa de un objeto mediante parámetros externos. Actualmente el uso de la tecnología nos permite, mediante el cálculo de dichos parámetros externos, conseguir la ubicación geográfica (y en algunos casos el tiempo) en donde se sitúa el elemento deseado (persona, lugar, etc.).

Los servicios basados en localización (LBS, en inglés Location Based Services) encierran un conjunto de aplicaciones que recopilan algunos datos del entorno, con el fin de obtener el punto en donde se encuentra el usuario o lo que está buscando. Estos servicios nacen a raíz de las comunicaciones inalámbricas y las tecnologías de posicionamiento, y se encuentran ligadas a la inteligencia ambiental. [6]

Algunos servicios de localización móvil que se están implementando o comercializando son:

- Servicios por activación automática. Se inician cuando el usuario entra en un área de cobertura determinada.
- Servicios de información. El usuario del servicio pide cierta información de acuerdo a su posición.
- Asistencia al usuario. Están diseñados para proveer al usuario, en condiciones de red segura, si se encuentra en dificultades, por ejemplo, asistencia en carretera u otros servicios de emergencia.

Existen aplicaciones que admiten un error de decenas de metros, y existen otras para las que es necesario conocer la ubicación del elemento buscado con un margen de error mínimo, sin exceder de un metro, y además se necesita una respuesta en tiempo real (nota, un sistema de tiempo real se entiende por un sistema

que tiene la capacidad de interactuar rápidamente con su entorno). Para ofrecer estos y más servicios existen varias técnicas que permiten conocer la posición de un equipo móvil.

### 2.3.1 Métodos para el posicionamiento.

Los métodos de posicionamiento consisten en algoritmos que permiten realizar la posición de un elemento utilizando las señales que reciben, almacenando los datos que se requieran dependiendo del tipo de método, para realizar los cálculos necesarios, y de esta forma, devolver la información necesaria para conocer la ubicación. Algunos de los distintos métodos de posicionamiento son los siguientes:

#### Método de identificación por celda

En el método de localización por celda o por punto de acceso (WLAN o similar), la posición se obtiene directamente en función del punto que da cobertura al área en el que se encuentra el equipo móvil. Es el método más inmediato, sin embargo, la precisión de este método depende del radio de la celda y puede variar desde decenas de metros en áreas urbanas hasta varios kilómetros. [7]

Este método se basa en el uso de timing advance, en el cual se mide el tiempo de recorrido de una señal entre el emisor y el receptor, ya sean, BTS – teléfono móvil o teléfono móvil – BTS.

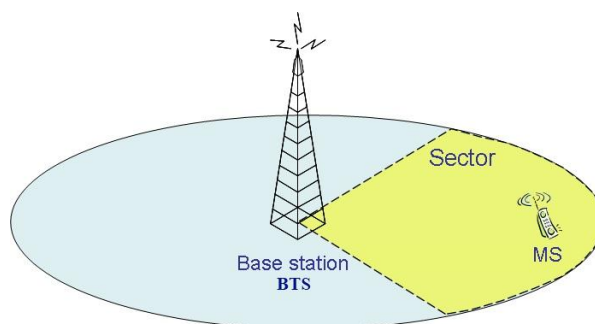


Figura 2.5 Esquema del funcionamiento de timing advance

De manera general, se puede afirmar que todas las soluciones basadas en Cell Id son extremadamente dependientes de la densidad de las celdas, configuración de la red y ambiente.

#### Método de ángulo de llegada

El método de ángulo de llegada utiliza arreglos de antenas para determinar el ángulo de la señal de llegada. Si una terminal que transmite una señal está en la línea de visión directa el arreglo puede conocer de qué dirección viene la señal, midiendo la diferencia de fase a través del arreglo o la densidad espectral de potencia. Para conocer la posición del dispositivo es necesaria al menos una segunda estimación del ángulo de llegada de otra antena. La segunda antena localizará la terminal, y sus datos se compararán los de la primera para calcular la posición del usuario mediante trigonometría (Figura 2.5). [6]

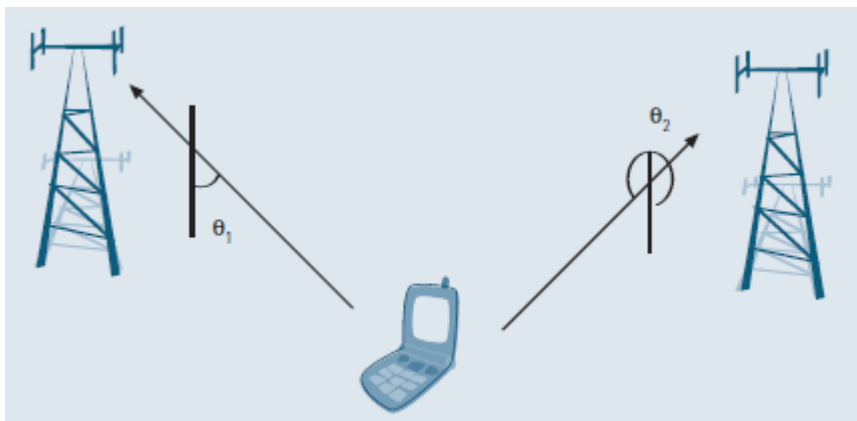


Figura 2.6. Funcionamiento del método de ángulo de llegada

### Método basado en la potencia de la señal recibida

Este método (RSS, en inglés Received Signal Strength) se basa en la pérdida de potencia que la señal sufre debido al medio de propagación. El método utiliza una medida (RSSI, en inglés Received Signal Strength Indicator), que obtiene la potencia con la que llega la señal procedente del equipo móvil que se desea localizar a la estación receptora. Mediante dicha medición de la potencia recibida en una única estación sólo se consigue una estimación de la distancia a la que puede estar el dispositivo. Para calcular la posición es necesario realizar el mismo proceso con mínimo tres estaciones, con el fin de poder triangular a partir de los datos obtenidos. [7]

La triangulación circular consiste en determinar la posición de un objeto a partir de la intersección de al menos tres circunferencias centradas en cada punto de acceso conocido, y cada radio ha de guardar relación con la potencia recibida. Mientras más medidas realizadas mayor será la precisión.

Las medidas pueden estar distorsionadas debido a la orientación de las antenas, causando la atenuación por presencia de obstáculos en su trayecto. Además, cuanto más lejos el objeto que se quiere localizar, mayor será el error que se comete al efectuar la medida de la potencia. [7]

Para aumentar la precisión, es necesario trabajar con modelos de propagación avanzados u observar la distribución del campo en el espacio con el fin de complementar la técnica básica. En ocasiones se necesitan monitores de radiofrecuencia en redes WLAN, o la creación de mapas de potencia (huellas). [7]

- Monitores de radiofrecuencia: Sirven para escuchar, supervisar y coordinar las señales recibidas.
- Creación de huellas de potencia. Se construye una base de datos con las medidas en posiciones concretas.



### Método basado en el tiempo de llegada

La técnica basada en el tiempo de llegada (TOA, en inglés Time Of Arrival) utiliza la medida del tiempo de llegada de una señal transmitida por un equipo móvil a diferentes estaciones fijas.

Para obtener una precisión aceptable mediante TOA, es necesario realizar medidas de los tiempos al menos de tres estaciones fijas. Posteriormente, dichas medidas se transmiten a un centro de localización y se lleva a cabo un proceso de triangulación circular (con centro en las estaciones fijas se trazan circunferencias que logran la intersección en el punto de localización). Es posible corregir los errores utilizando métodos matemáticos (como mínimos cuadrados). [7]

### Método basado en la diferencia en el tiempo de llegada

La técnica basada en la diferencia en el tiempo de llegada (TDOA, en inglés Time Difference Of Arrival) emplea la diferencia entre los tiempos de llegada de la señal procedente del equipo móvil a distintos pares de estaciones fijas para calcular la posición.

Puesto que la curva cuyos puntos satisfacen la condición de que su distancia a dos referencias es una constante es una hipérbola (Figura 2.6), si se calcula esta correlación para varios pares de estaciones, la intersección de las hipérbolas resultantes muestra el punto donde se encuentra el equipo móvil (triangulación circular). [7]

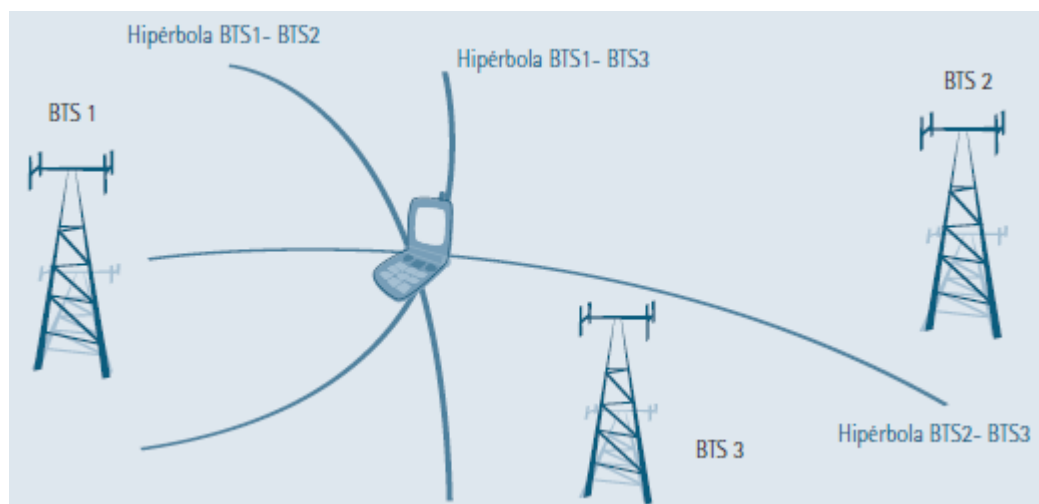


Figura 2.7. Método basado en la diferencia en el tiempo de llegada

### Técnica de Fingerprint

Fingerprint o huella digital, parte del hecho que las características de propagación de la señal son diferentes en los puntos de localización de la zona de interés.

Se considera fingerprint o huella digital al conjunto de valores de la métrica de la señal, correspondiente cada uno de ellos a una posición contenida en el sector a ubicar, de esta manera, el tamaño de este conjunto es dependiente de la cantidad de AP que se encuentran en la zona de interés.

Esta técnica se divide en dos etapas:

- Fase Off-line o aprendizaje, en esta etapa es donde se recaba la información necesaria para crear un fingerprint usando alguno de los métodos anteriores (RSS, TDOA TOA, AOA) para tener los valores que se asociaran a un punto en la zona de interés. Dado el caso de que la infraestructura conformada por los AP tuviera un cambio (mover, eliminar o agregar AP), se necesitaría volver a realizar esta fase, ya que esto generaría un nuevo fingerprint distinto al que se obtuvo anteriormente.
- Fase Real-time o de localización, una vez que se tiene el conjunto de valores que servirán para la localización, se procede a realizar la comparación de los valores recibidos en un punto específico con una nueva lectura y se comparan con los contenidos en el fingerprint y se elige el punto que sea más coincidente con los valores obtenidos.

## 2.4 Estándar IEEE 802.11 como auxiliar para el posicionamiento

Las redes inalámbricas se están convirtiendo en un componente fundamental de la infraestructura de redes. El reciente interés en la ubicación de detección para aplicaciones de red y la creciente necesidad de implementación a gran escala comercial de estos sistemas ha llevado a los investigadores de redes con un problema fundamental y bien estudiado en el campo de la robótica: determinación de la posición física con sensores de incertidumbre, lo que normalmente se conoce como localización. [8]

La mayoría de dispositivos inalámbricos miden la fuerza de la señal recibida como parte de su funcionamiento normal y dicha fuerza varía notablemente según la distancia y los obstáculos entre el cambio nodos inalámbricos. Si un sistema de localización fiable se puede desarrollar utilizando sólo esta tecnología, entonces muchos sistemas existentes podría instalar en el software y los nuevos sistemas podrían ser desplegados utilizando las piezas fácilmente disponibles [8]. Sin embargo, en el desarrollo de éste proyecto, es necesario el uso del GPS para que, de esta manera, el usuario se localice geográficamente para acceder a la aplicación, y una vez logrado esto, es donde las señales inalámbricas entran para ubicar al usuario de manera espacial dentro de ESCOM.

## 2.5 Sistema de posicionamiento global

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS, en inglés Global Positioning System) permite fijar la posición de un equipo móvil mediante los datos recibidos de al menos tres de los satélites que rodean la Tierra en órbitas conocidas. [7]

El sistema GPS está formado por tres segmentos o áreas: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento de usuario. El primero engloba los satélites del sistema, el segundo abarca las infraestructuras terrestres necesarias para el control de la constelación de satélites. Por último, el segmento de usuario está constituido por los equipos de recepción y el software de procesamiento de señales.

El fundamento de la localización con GPS es la triangulación, que es el cálculo de la distancia de un punto a tres o más satélites con posición perfectamente conocida. Los satélites están sincronizados respecto a la señal de un reloj atómico. La localización se lleva a cabo midiendo el tiempo que tarda en llegar la señal del satélite al dispositivo receptor, y realizando un procesado equivalente a TDOA. [7]

A pesar de la buena precisión que ofrece (de 5 a 20 metros aproximadamente), el GPS tiene un inconveniente importante: la señal de satélite en regiones donde existan muchos edificios se ve atenuada. La precisión es mejorada (consiguiendo un error de 2 a 5 metros aproximadamente) si se emplea GPS diferencial (DGPS, en inglés Difference Global Positioning System). Este sistema utiliza para el cálculo de posición la señal de los satélites y la información proveniente de una o más estaciones de coordenadas conocidas, sin incrementar la sensibilidad del receptor GPS [7]. En ocasiones, GPS se emplea en combinación con otras técnicas con el fin de aumentar su precisión y de permitir el despliegue de sistemas funcionales en interiores.

Los dispositivos que hacen uso de la tecnología GPS también cuentan con la posibilidad de desplegar rutas de un punto a otro, considerando eso, se hablará de algoritmos para poder calcular dichas rutas.

### 2.5.1 Algoritmos de cálculo de rutas

El cálculo de rutas de un punto se puede solucionar usando algoritmos de búsqueda informada, con un parámetro denominado función heurística.

Algunos problemas por su naturaleza, ofrecen información que puede resultar útil para la resolución de estos, con dicha información se puede obtener la solución a los problemas sin buscar en todo el espacio de posibles soluciones. La función de heurística  $h(n)$  intenta estimar el coste menor, lo cual implica la ruta óptima desde el nodo inicial hasta el nodo destino. Esta función depende únicamente el nodo que se analiza en el momento.

A continuación se hablara de unos cuantos de estos algoritmos.

#### Algoritmo Dijkstra

Permite encontrar la trayectoria más corta entre dos nodos específicos, cuando los valores de los arcos o uniones entre nodos son positivos. [27]

#### Algoritmo Floyd

Dado que es una generalización del algoritmo Dijkstra, tiene el mismo objetivo, el cálculo de la ruta más corta entre dos puntos, incluso puede ser usado cuando los arcos son negativos, pero no cuando los circuitos o ciclos que se forman son de longitud negativa. [27]

#### Algoritmo A\*

A\* o A estrella, es un algoritmo que intenta converger a la solución de una manera rápida haciendo uso de una función de evaluación  $f(n)$  conformada por la suma de la función de heurística  $h(n)$  y la función de coste  $g(n)$ , tomando así tanto el costo desde el inicio hasta el nodo actual y el costo de este mismo nodo. En cada iteración se elegirá aquel nodo que tenga mayor valor devuelto de la función  $f(n)$ . [28]

Como consecuencia del avance de todos estos elementos antes explicados, se dio la posibilidad de mejorar el cómputo móvil hasta el punto de desarrollar sistemas operativos que tuvieran la capacidad de ejecutarse en un dispositivo de recursos demasiado limitados en comparación a los que dispone una computadora, tales sistemas son un elemento fundamental para concluir el fundamento de este trabajo, por tanto, se tratara en seguida sobre estos.

## 2.6 Sistemas Operativos móviles

Debido a las constantes mejoras en la infraestructura de los teléfonos celulares, sus capacidades fueron aumentando, pudiendo ofrecer servicios adicionales a los destinados a las comunicaciones; esta característica dio paso al concepto de smartphone, o teléfono inteligente. Los primeros aparatos considerados bajo esa denominación ya contaban con software especializado para el control y manejo de sus componentes: un sistema operativo (SO). Un smartphone es considerado “una computadora en miniatura, contando con procesador, memoria, y recursos de entrada/salida; por lo tanto, el concepto clásico de SO puede aplicárseles”. [9]

Los sistemas operativos en dispositivos móviles tienen la misma función que su análogo en equipos de cómputo; están enfocados al control de la ejecución de programas y sirven como una interface entre estas y el hardware; explotan los recursos disponibles para proveer un conjunto de servicios a los usuarios. [9] Estos pueden ser versiones diseñadas a partir de SO para computadoras personales (Windows y Linux) o creados específicamente para dispositivos portátiles; determinan algunas de las capacidades del smartphone (como el soporte de gestos multi-toque en la pantalla o la rotación automática de la visualización), su interfaz y las aplicaciones que pueden ejecutarse. [10]

Entre los SO móviles destacables se encuentran: [11]

- Android. Pertenece a Google Inc., pero es un sistema abierto: cualquier fabricante puede desarrollar en él sus productos.
- iOS (anteriormente denominado iPhone OS). SO desarrollado por Apple Inc. originalmente para el iPhone, siendo después usado en el iPod Touch y en la iPad.
- BlackBerry OS. Propiedad de RIM, pionero en la gestión de correo electrónico, está orientado a un uso empresarial.
- Symbian. Fue de los sistemas más extendidos en sus inicios, cuando los móviles de Nokia dominaban el mercado.
- Windows Phone. Su mayor ventaja reside en la compatibilidad con productos de Microsoft, tanto de hardware como de software.

Entre estas opciones, Android destaca por su apertura a la creación libre y sin costos de aplicaciones compatibles en su plataforma; además abarcó en el primer cuatrimestre del año 2012, el 56% del volumen en ventas de smartphones a nivel mundial. [12] Esto lo convierte en el SO para móviles más común y accesible, por lo cual fue elegido para desarrollar el proyecto en su plataforma, requiriendo entrar a detalle en sus características para una mejor comprensión.

### 2.6.1 Android

Android es una plataforma global de código abierto diseñada para dispositivos móviles. Está promovido por Google y es propiedad de Open Handset Alliance. Al ser una plataforma realmente abierta, se separa el hardware del software que se ejecuta en él, y esto permite un mayor número de dispositivos para ejecutar las mismas aplicaciones y crea un ambiente más extenso para los desarrolladores y consumidores.

Para los desarrolladores, Android proporciona todas las herramientas y el entorno para permitir el desarrollo fácil y rápido de aplicaciones móviles. El uso de Android SDK (en inglés Software Development Kit) es todo lo que necesita para empezar a desarrollar (no se necesita el teléfono físicamente).

Android es una plataforma especialmente diseñada para dispositivos móviles, ya que su núcleo está diseñado para ser portátil [13].

### Historia de Android

Los principales acontecimientos ocurridos para Android en los últimos años:

- 2005: Google compra Android Inc. El mundo piensa que Google está a punto de entrar en el mercado de los teléfonos inteligentes, e inclusive, existen especulaciones generalizadas sobre un dispositivo llamado gPhone.
- 2007: Se funda la Open Handset Alliance. Oficialmente Android es de código abierto.
- 2008: Android SDK 1.0 es liberado. El teléfono G1, fabricado por la Corporación HTC (en inglés High TechComputer), y vendido por el proveedor de servicios inalámbricos de T-Mobile EE.UU., sigue poco después.
- 2009: Existe una gran variedad de dispositivos basados en Android. Las nuevas versiones del sistema operativo: Magdalena (1,5), Donut (1,6), y Eclair (2,0 y 2,1) son liberados.
- 2010: Android es segundo sólo detrás de RIM (en inglés Research In Motion) como el mejor vendido de plataforma de teléfono inteligente. La versión de AndroidFroyo (2.2) es liberado.

La motivación de Google para darle apoyo a Android pudiera ser que al tenerlo por todas partes, crearía un campo para la telefonía móvil, y así Google podría ofrecer servicios adicionales (Google es una compañía de medios y su modelo de negocio se basa en la venta de publicidad).

Para que este proyecto sea más grande que sólo Google, Android es propiedad de la Open Handset Alliance, un grupo sin fines de lucro formada por los principales operadores móviles, fabricantes, transportistas y otros. Esta alianza está comprometida con la apertura y la innovación para la experiencia del usuario móvil.

### Versiónes de Android

En la Tabla 2.3 la información de las versiones lanzadas de Android desde sus inicios hasta el mes de agosto del año 2012.

Versión de Android	Sobrenombre	Fecha de lanzamiento	Características
1.0	APPLE PIE	Septiembre de 2008.	-
1.1	BANANA BREAD	Febrero de 2009.	-
1.5	CUPCAKE	Abril de 2009.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un nuevo teclado con</li> </ul>

			<p>predicción de texto. [14]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporte para Bluetooth A2DP y AVRCP. [14]</li> <li>• Nuevos widgets y carpetas que se pueden colocar en las pantallas de inicio. [14]</li> <li>• Transiciones de pantalla animadas. [14]</li> </ul>
1.6	DONUT	Septiembre de 2009.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una interfaz integrada de cámara, filmadora y galería. [15]</li> <li>• Búsqueda por voz actualizada, con respuesta más rápida y mayor integración con aplicaciones nativas. [15]</li> <li>• Mejoras de velocidad en las aplicaciones de búsqueda y cámara. [15]</li> <li>• Framework de gestos y herramienta de desarrollo GestureBuilder. [15]</li> <li>• Navegación gratuita turn-by-turn de Google. [15]</li> </ul>
2.0	ECLAIR	Diciembre de 2009.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de hardware optimizada. [16]</li> <li>• Soporte para más tamaños de pantalla y resoluciones. [16]</li> <li>• Nueva interfaz de usuario en el navegador y soporte para HTML5. [16]</li> <li>• Mejoras en Google Maps 3.1.2. [16]</li> <li>• Teclado virtual mejorado. [16]</li> <li>• Bluetooth 2.1. [16]</li> </ul>
2.2	FROYO	Mayo de 2010.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoras en la velocidad de las aplicaciones, gracias a la implementación de JIT (en inglés Just In Time). [17]</li> <li>• Integración del motor JavaScript V8 del Google Chrome. [17]</li> <li>• Funcionalidad de Wi-Fi hotspot y tethering por</li> </ul>

			USB. [17]
2.3	GINGERBREAD	Diciembre de 2010.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualización del diseño de la interfaz de usuario. [18]</li> <li>• Teclado multi-táctil rediseñado. [18]</li> <li>• Soporte mejorado para desarrollo de código nativo. [18]</li> </ul>
3.0/3.4	HONEY COMB	Mayo de 2011.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor soporte para tablets. [19]</li> <li>• Escritorio 3D con widgets rediseñados. [19]</li> <li>• Mejoras en el navegador web predeterminado (navegación por pestañas, autorelleno de formularios, sincronización de favoritos con Google Chrome y navegación privada). [19]</li> </ul>
4.0	ICE CREAM SANDWICH	Noviembre de 2011.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versión que unifica el uso en cualquier dispositivo, tanto en teléfonos, tablets, netbooks, etc. [20]</li> <li>• Opción de utilizar los botones virtuales en la interfaz de usuario, en lugar de los botones táctiles capacitivos. [20]</li> <li>• Soporte de aceleración gráfica por hardware. [20]</li> <li>• Un único y nuevo framework para las aplicaciones. [20]</li> <li>• Soporte nativo para el uso de Stylus (lápiz táctil). [20]</li> </ul>
4.1	JELLY BEAN	Agosto de 2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste automático de widgets cuando se añaden al escritorio, cambiando su tamaño y lugar para permitir que los nuevos elementos se puedan colocar. [21]</li> <li>• Búsqueda por voz mejorada. [21]</li> <li>• Google Chrome se</li> </ul>

---

			<p>convierte en el navegador por defecto de Android. [21]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se pone fin al soporte de Flash Player para Android a partir de esta versión. [21]</li><li>• Pequeños cambios en la interfaz, como la nueva barra de búsquedas. [21]</li></ul>
--	--	--	--

*Tabla 2.3. Versiones de Android y sus características*



## CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DISEÑO

---

### 3.1 Análisis

Como anteriormente se planteó, el problema describe la carencia de un mapa adecuado que permita la ubicación de los lugares más importantes de la institución, además de esto, algunos de los integrantes de la institución carecen del conocimiento de la ubicación de tales lugares.

El sistema debe servir como una herramienta la cual permita a los usuarios localizar sitios relevantes dentro de la Escuela Superior de Cómputo, además de permitir la visualización de la ubicación propia dentro de un mapa de las instalaciones, por lo cual se integrará un mapa virtual al sistema, el cual refleje la información necesaria; en este mapa se deben mostrar los sitios de interés más relevantes dentro de la escuela.

Para determinar los lugares más importantes de la institución se realizó una encuesta una muestra de 50 alumnos de la Escuela Superior de Cómputo, dicha encuesta nos muestra los siguientes resultados:

- Pregunta 1: ¿Cuáles de los siguientes lugares conoces? (Figura 3.1)

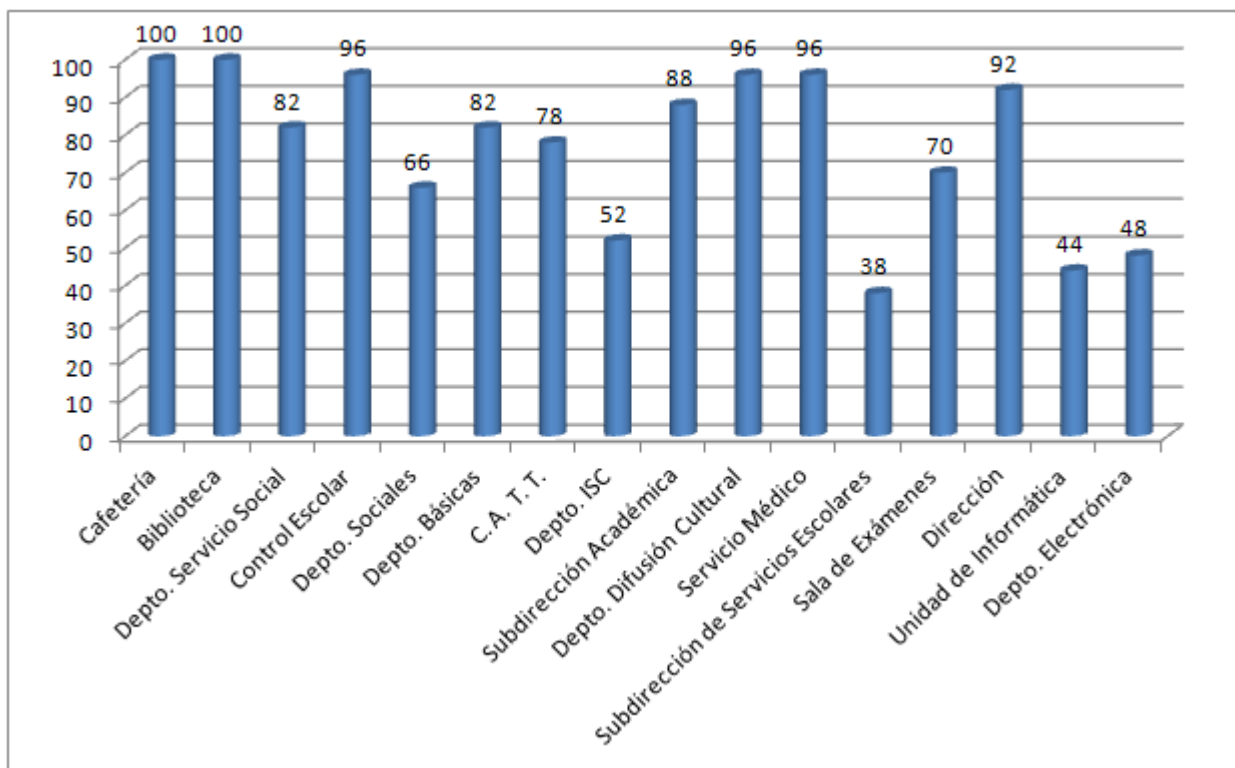


Figura 3.1. Porcentaje de respuestas a la pregunta 1 de la encuesta

- Pregunta 2: ¿Con que frecuencia visitas dichos lugares? (Figura 3.2)

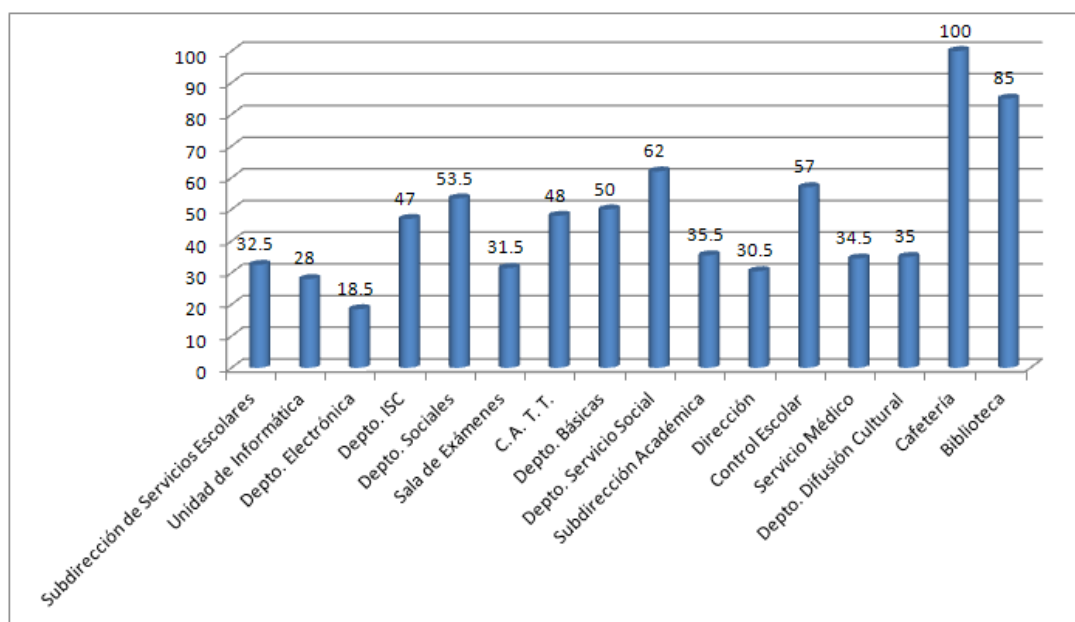


Figura 3.2. Porcentaje de respuestas a la pregunta 2 de la encuesta

Con base en estas estadísticas se obtuvo una lista comparativa de los lugares ordenados de mayor a menor porcentaje en cada pregunta (Tabla 3.1). Para obtener una lista definitiva de los sitios de interés se descartaron aquellos que se repitieran en los últimos 6 lugares de cada sección, debido a que son los tanto los menos conocidos y a su vez menos frecuentados, quedando como sitios poco necesarios en la esquematización del sistema.

Lugares más frecuentados	Lugares más conocidos
Cafetería	Cafetería
Biblioteca	Biblioteca
Depto. Servicio Social	Control Escolar
Control Escolar	Depto. Difusión Cultural
Depto. Sociales	Servicio Médico
Depto. Básicas	Dirección
C. A. T. T.	Subdirección Académica
Depto. ISC	Depto. Servicio Social
Subdirección Académica	Depto. Básicas
Depto. Difusión Cultural	C. A. T. T.
Servicio Médico	Sala de Exámenes
Subdirección de Servicios Escolares	Depto. Sociales
Sala de Exámenes	Depto. ISC
Dirección	Depto. Electrónica
Unidad de Informática	Unidad de Informática
Depto. Electrónica	Subdirección de Servicios Escolares

Tabla 3.1. Cuadro comparativo entre los sitios de interés en la Escuela Superior de cómputo

### 3.1.1 Estudio de factibilidad

Para determinar la viabilidad del proyecto se realizó un estudio de factibilidad, del cual se concluyó que la aplicación debe contar con las siguientes características:

- Funcionar en un dispositivo móvil, con sistema operativo Android 2.3.3 o posterior, haciendo uso de los dispositivos GPS y Wi-Fi integrados dentro del mismo.
- Funcionar únicamente dentro de las instalaciones de la Escuela Superior de Cómputo, cubriendo los edificios que integran dicho lugar.
- Hacer uso de la infraestructura de red inalámbrica con la que cuenta la institución.
- Mostrar los sitios de interés más relevantes dentro de la institución.

Los siguientes tres subtemas detallan la información pertinente a la factibilidad técnica, operativa y económica.

### 3.1.2 Factibilidad técnica

El sistema se basa en dos elementos fundamentales: las señales utilizadas para la triangulación y el dispositivo necesario para contener y soportar la aplicación, incluyendo las características pertinentes para lograr el desarrollo.

#### **Distribución y cantidad de las señales IEEE 802.11**

La Escuela Superior de Cómputo cuenta con un conjunto de señales inalámbricas las cuales permiten la conexión a la red del Instituto Politécnico Nacional así como a Internet; tal conexión se lleva a cabo mediante los dispositivos conocidos como AP, los cuales tienen una ubicación física invariable dentro de la institución. A pesar de que se tiene factores de interferencia con las señales como: atenuación, ruido, propagación, alcance, entre otros; se cuenta con una cantidad útil de señales para ser usadas en el proceso de localización, brindando la oportunidad de usarlos como una referencia de triangulación y de esta manera obtener la ubicación del usuario.

A continuación se muestran los diferentes AP disponibles oficialmente en la Escuela Superior de Cómputo (Figura 3.3).



Figura 3.3. Esquema de los AP oficiales en la Escuela Superior de Cómputo

### Dispositivo móvil

La movilidad es un factor fundamental para la funcionalidad del sistema, de esta manera se debe hacer uso de tecnologías móviles que permitan al usuario desplazarse dentro de las instalaciones sin limitar de manera física las áreas que este pueda visitar, por tal motivo de toma en cuenta el uso de dispositivos denominados como Smartphone para contener al sistema, ya que cuentan con los recursos necesarios para llevar a cabo las tareas previstas.

### Sistema operativo móvil

La Figura 3.4 ilustra las estadísticas de uso de los sistemas operativos móviles en México desde el mes de Octubre del año 2011 al mes de Octubre del año 2012. [22]

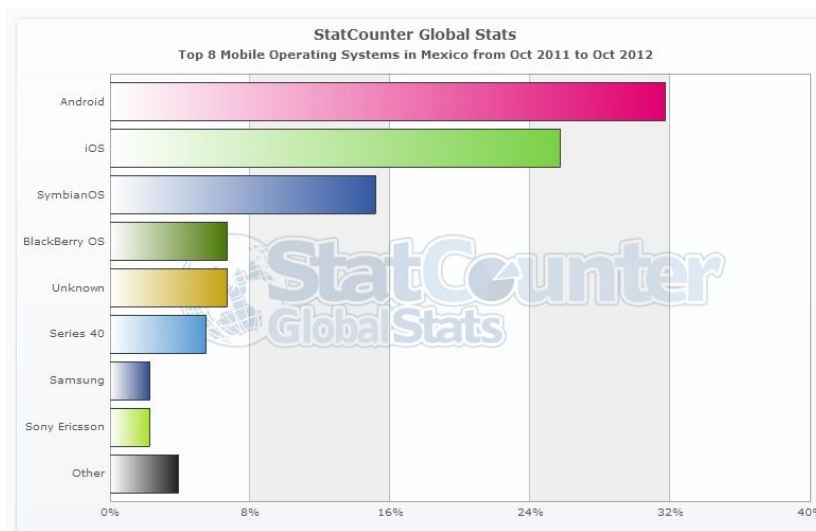


Figura 3.4. Estadísticas de los S.O. móviles más usados

Como lo muestra el gráfico el sistema operativo móvil más utilizado en México en el último año es Android, lo cual lo convierte en el candidato de desarrollo para este sistema. Para apoyar esta decisión se tiene la información de la Tabla 3.2, la cual compara las características principales entre las versiones actuales de los tres sistemas operativos más populares (Android, iOS, Windows Phone).

Característica	Android	iOS	Windows Phone
Compañía	Open Handset Alliance	Apple	Microsoft
Versión actual	4.1	6	7.5
Familia de SO	Linux	Darwin	Microsoft NT 8
Arquitectura de CPU soportada	ARM, MIPS, x86, Power Architecture	ARM	ARM
Programado en	C, C++, Java	C, C++, Objective-C	Silverlight, C, C++, XNA
Licencia	Abierta y gratuita	EULA Propietaria exceptuando componentes de código libre	Propietaria
Administrador de paquetes	APK	iTunes	Zune Software
Sistema de actualizaciones Inalambrico	Si	Si	Si
Modo de Invitado	No, posible con Software de 3ros.	Si	No
Multiusuario	No, posible en futuras versiones	No	No
Soporte de multiples idiomas	Limitado	Si	Si
Copiar, cortar y pegar	Si	Si	Si
Tienda oficial de aplicaciones	Google Play	App Store	Windows Phonemarketplace
Discriminacion en Tienda	Desconocido	Por pais y politicas de Apple	Por pais
Multitarea	Si	Muy limitado	Si
Plataforma SDK oficial	Windows, Linux y Mac OS X	Mac OS X con iOS SDK	Windows
Costo de desarrollo	Libre (\$25 dls. Publicacion, pago unico)	Libre (\$99 dls. Publicacion, pago anual)	Libre (\$99 dls. Publicacion, pago anual)
Soporte de dispositivos	Multiples compañías	iPhone, iPod y iPad	Multiples compañías (principalmente Nokia)

*Tabla 3.2. Comparación entre los sistemas operativos Android, iOS y Windows Phone*

Debido a las diversas versiones distribuidas de Android, se necesita elegir una de estas como base para desarrollar la aplicación; para tomar la elección se tomó en cuenta la combinación de su porcentaje de distribución y su número de versión. El siguiente gráfico (Figura 3.5) muestra el porcentaje de uso de las diferentes versiones del sistema operativo Android. [23]

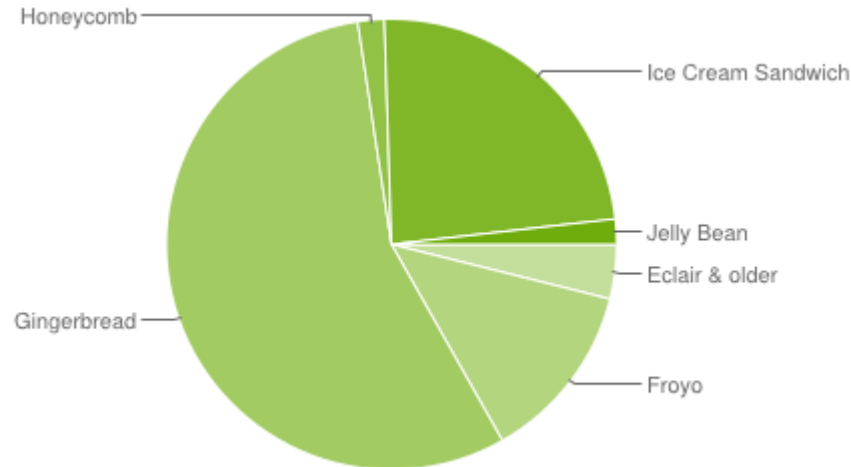


Figura 3.5. Estadísticas de uso de las versiones de Android

Como se puede notar, la versión más usada es Android 2.3.3 (Gingerbread); por lo tanto se puede considerar la opción más factible, pues cumple además con la característica de no ser una de las versiones más recientes, garantizando la compatibilidad con distribuciones posteriores.

### 3.1.3 Factibilidad operativa

Este sistema cuenta con un nivel de complejidad considerable teniendo en cuenta que se enfoca al análisis e interpretación de las señales y sus características para realizar la función principal, por lo cual puede complicarse el trabajo y desempeño de los algoritmos; ligado a esto también los algoritmos para hacer el cálculo de una ruta también cuentan con un nivel de complejidad considerable. Además existe el factor de la experiencia de programación: por parte de los integrantes de este proyecto se tiene un nivel de experiencia en Java considerable, en general, la experiencia de los desarrolladores es adecuada para solucionar esta problemática.

Para asegurar la operatividad del proyecto se creó un calendario con las actividades correspondientes en esta primera etapa de análisis y diseño.

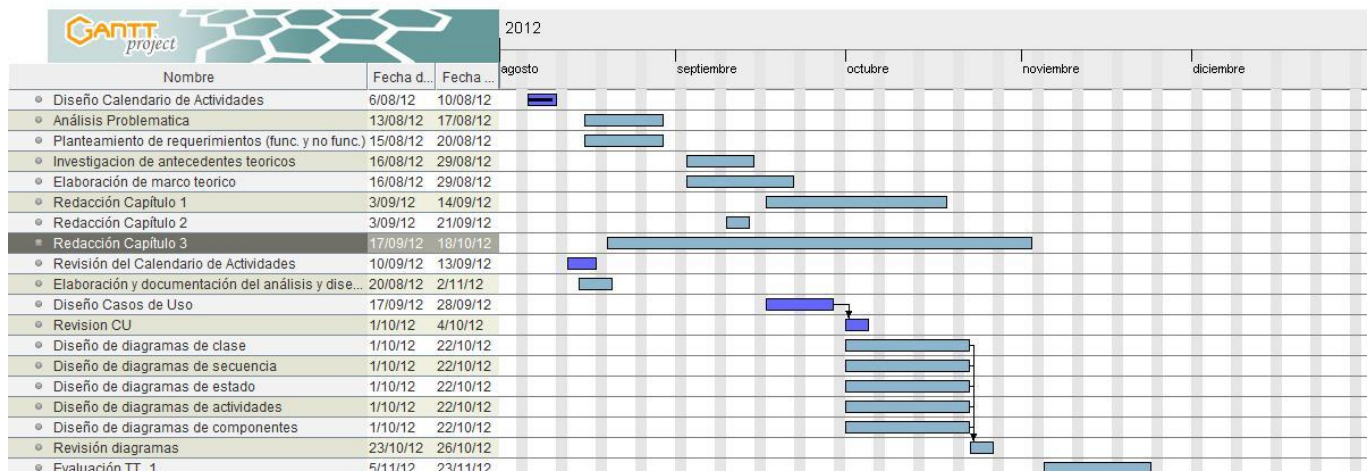


Figura 3.6. Calendario de actividades de TTI

El uso de este sistema está asociado a la promoción que se brinde por parte de la institución, los usuarios y eventos en los que sea usado, por ejemplo en exámenes de admisión o cursos de inducción.

La propuesta tiene funciones básicas que pueden ser completadas con tareas más complejas como agregar usuarios para poder buscarlos dentro de las instalaciones, pero esto se tendría que conectar la aplicación mediante un AP a la red de la institución para realizar esta labor; además se pueden agregar más sitios de interés como los baños para indicar en qué momento están disponibles y en qué momento están fuera de servicio por efecto de labores de aseo, otros sitios a considerar pueden ser los salones de clase en los cuales se puede indicar el grupo que está asignado a este según el turno y el horario relacionado al grupo.

Los aspectos antes mencionados le dan a este sistema una extensión a su funcionalidad y por lo tanto también prolonga su tiempo de vida útil dentro de la institución, ya que se considera como un caso de estudio, que puede ser aplicado a casi cualquier inmueble que cuente con la infraestructura tecnológica necesaria.

### 3.1.4 Factibilidad económica

En esta sección se muestra la percepción estimada de ingresos y el cálculo de costos producto del desarrollo, contratación de personal y expansión de infraestructura, siendo estos dos últimos casos una estimación hipotética, es decir, sin que realmente afecten al costo real del proyecto.

#### Tiempo de desarrollo

Se contempla qué, sin contar el tiempo de vacaciones ni tampoco las fechas durante las presentaciones de los proyectos, el plazo para desarrollar nuestra aplicación se estima entre 4 y 6 meses hasta el término de éste.

#### Costos para el desarrollo del producto

Los costos a considerar son de todo el equipo necesario para la elaboración y la mano de obra (programadores, documentadores, analistas, entre otros).

Como desarrolladores se estima que un programador llega a ganar en un proyecto de dicha magnitud entre los \$10,000 y \$15,000 pesos mensuales, mientras que un analista, encargado del análisis y el diseño, cobra alrededor de los \$30,000 pesos mensuales.

El costo de la licencia para desarrollar en Android, al ser software de código abierto, es de \$0 pesos. Además, para subir nuestra aplicación a la tienda en línea de Google para dispositivos Android (Google Play) se debe de cubrir una cuota de \$25 dólares con tarjeta de crédito, mediante el servicio de pagos en línea Google Checkout. [24]

#### Costos adicionales

Debido a que se utilizan tecnologías ya existentes en ESCOM (puntos de acceso), además de que el desarrollo es, como se mencionó anteriormente, con código abierto, no existen costos adicionales a cubrir tanto para la institución donde se ocupará la aplicación, ni para nosotros los desarrolladores.

Sin embargo, cabe señalar, que para una ejecución más rápida, precisa y eficiente, convendría tener más puntos de acceso, esto con el fin de optimizar el funcionamiento de la aplicación. Mientras más



parámetros de medición existan, la aplicación tendrá más datos con los cuales realizar el posicionamiento, y con ello la precisión aumenta de forma considerable.

El costo de cada router varía dependiente del modelo y la empresa proveedora. Cisco tiene una gama de modelos y sus costos varían entre los \$600 pesos hasta los \$5,000 pesos. [25]

### Costo total del proyecto

Contemplando todo lo anterior, el costo total de este proyecto oscila entre \$200,325 pesos (considerando que son 1 analista en el desarrollo del proyecto y 2 programadores, en un tiempo de desarrollo de 4 meses, el pago de subir la aplicación a Google Play y sin considerar costos adicionales) hasta los \$300,325 (considerando los mismos 3 integrantes del equipo de desarrollo, en un tiempo de desarrollo de 6 meses, agregándole el pago para Google Play).

Además, estas cifras pueden incrementarse si se considera agregar más puntos de acceso dentro de la instalación. Se recomienda agregar al menos 2 puntos de acceso más:

- Cerca de los laboratorios de ISISA del edificio 2.
- Cerca de Departamento de extensión y apoyos educativos en el edificio 1.

Esto con motivo de asegurar la ubicación precisa de varios sitios de interés de dichas zonas, debido al radio de propagación de cada señal, que con los puntos de accesos disponibles, dificultará el cálculo y el posicionamiento.

### 3.1.5 Requisitos funcionales y no funcionales

El siguiente paso en el análisis es la definición de los requisitos elementales para el funcionamiento de la aplicación, así como sus características

#### Requisitos funcionales

- El sistema estará diseñado para el posicionamiento utilizando las señales Wi-Fi disponibles en el área. De esta forma se deberá tener:
  - Listado de las señales presentes.
  - Consulta de la intensidad de cada señal detectada.
- El sistema permitirá la consulta de los sitios de interés almacenados y las rutas para llegar del punto de partida al punto de destino.
- El sistema deberá contar con un mapa de las instalaciones de la Escuela Superior de Cómputo, para indicar la posición del usuario dentro del lugar.

#### Requisitos no funcionales

- El idioma de la aplicación será en Español Latinoamericano, concretamente el usado en México.
- La programación se llevará a cabo en el lenguaje de programación Java, para Android.
- El sistema de localización será compatible con la versión 2.3.3 del sistema operativo Android.

- La apariencia de la interfaz gráfica para la aplicación será configurable por el usuario.
- La información que se desplegará sobre un sitio de interés será la indispensable (Nombre, Descripción, Planta, Función).

## 3.2 Diseño

Para esquematizar el diseño del sistema se siguió el estándar UML (Unified Modeling Language), el cual permite especificar el comportamiento e interacción de los componentes basándose en casos de uso, complementando la interpretación de la aplicación con un diagrama de clases, un diagrama de despliegue y los diagramas de estado necesarios.

### 3.2.1 Casos de uso

Los casos de uso muestran las principales funciones del sistema en diversos escenarios. A continuación se muestran los diagramas de casos de usos general del proyecto, Nivel 0 (Figura 3.7) y Nivel 1:

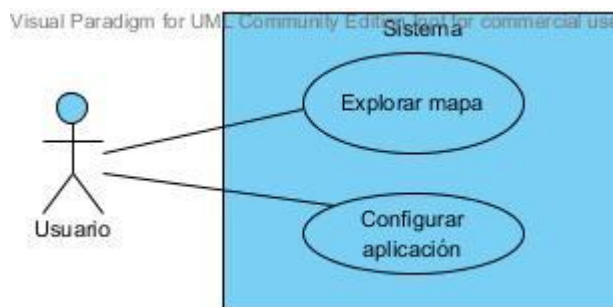


Figura 3.7. Diagrama de casos de uso general del sistema

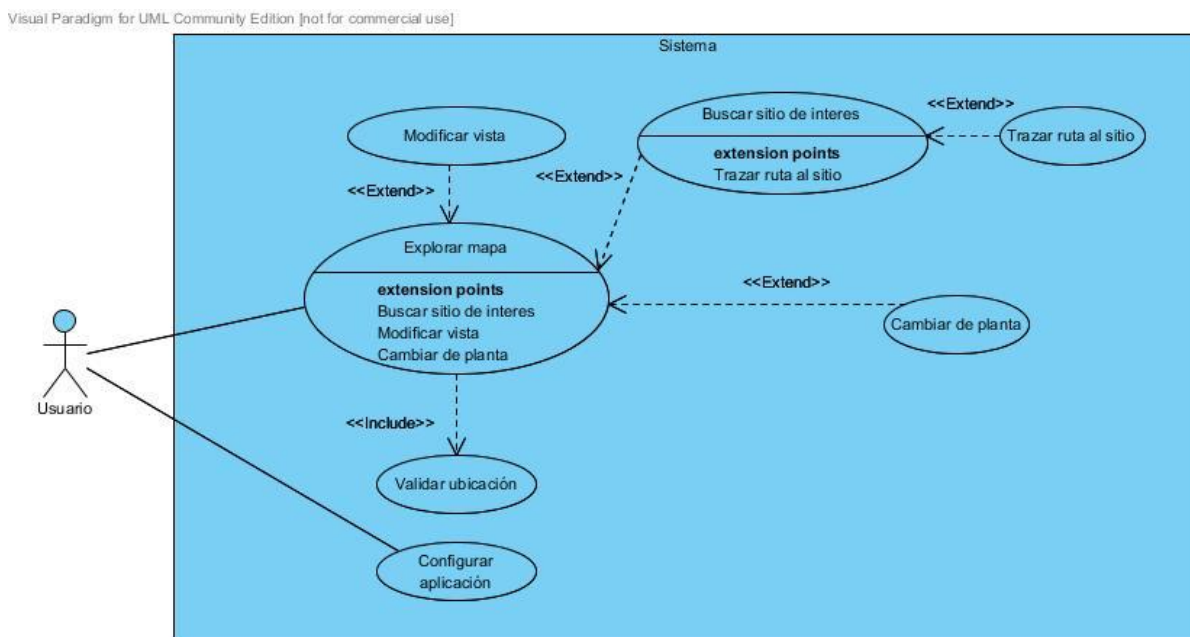


Figura 3.8. Diagrama de casos de uso a Nivel 1

La descripción de cada caso de uso será abordada en las siguientes páginas, añadiendo a cada uno un diagrama de secuencia para explicar su comportamiento de ejecución y las partes que interactúan con este.

## CU 1: Explorar mapa

Descripción:

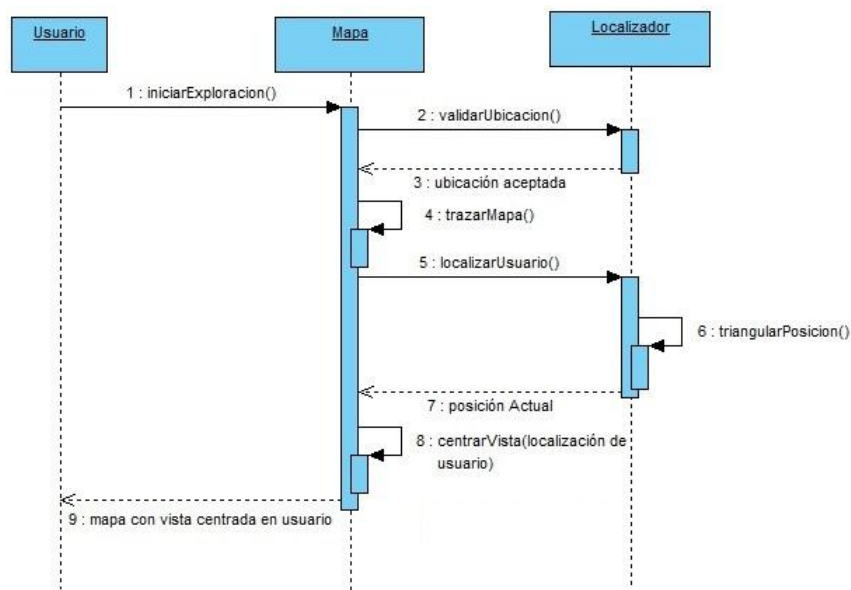
Este caso de uso le permite al usuario visualizar el mapa virtual de la aplicación así como la ubicación propia y de los lugares que son denominados sitios de interés.

Atributos (Tabla 3.3):

<b>Caso de uso</b>	<b>Explorar mapa</b>
<b>Versión</b>	1
<b>Actores</b>	Usuario.
<b>Propósito</b>	Mostrar un mapa con la ubicación del usuario y los lugares que son denominados sitios de interés.
<b>Entradas</b>	Potencia de señales inalámbricas, ubicación espacial del usuario.
<b>Salidas</b>	Mapa con la ubicación del usuario.
<b>Pre condiciones</b>	Encontrarse dentro de las instalaciones de ESCOM y tener la interfaz inicial activa, además de tener activa la tarjeta inalámbrica y el GPS.
<b>Post condiciones</b>	Mapa trazado en la interfaz de exploración centrada en la ubicación del usuario en caso de encontrarse en ESCOM, en caso contrario el sistema regresa a la interfaz principal.
<b>Autor(es)</b>	José Rogelio Navarro Cervantes
<b>Referencias</b>	Ninguna.
<b>Tipo</b>	Principal.

*Tabla 3.3. Atributos del CU 1*




Diagrama de secuencia (Figura 3.9):








*Figura 3.9. Diagrama de secuencia para el CU 1*

Trayectorias del caso de uso:





Trayectoria principal

1.  presiona el botón de Explorar Mapa.
  2.  valida la ubicación espacial del . [Ir a CU 2]
- Fin de trayectoria

Trayectoria alterna A. Ubicación válida

1.  obtiene las señales con mayor potencia para triangular la posición del usuario.
  2.  realiza cálculos para triangular la posición del usuario.
  3.  traza el mapa y centra la vista en la ubicación del usuario.
  4.  cede el control de la aplicación al .
- Fin de trayectoria

Trayectoria alterna B. Ubicación inválida

1.  despliega un mensaje de ERROR: “No se encuentra en ESCOM”.
  2.  regresa a la interfaz principal.
  3.  cede el control de la aplicación al .
- Fin de trayectoria

## CU 2: Validar ubicación

Descripción:

Este caso de uso le permite al sistema conocer la ubicación espacial del usuario para determinar si se encuentra dentro de las instalaciones de ESCOM y de esta manera determinar si permite o niega el acceso al usuario.

Atributos (Tabla 3.4):

Caso de uso	Validar ubicación
Versión	1
Actores	Usuario.
Propósito	Determinar si es válida o no la ubicación del usuario.
Entradas	Ninguna.
Salidas	Respuesta de acceso autorizado o denegado al mapa de ESCOM a la aplicación.
Pre condiciones	Entrar al CU1.
Post condiciones	El sistema tiene una respuesta sobre el uso del mapa de ESCOM.
Autor(es)	José Rogelio Navarro Cervantes
Referencias	Ninguna.
Tipo	Principal.

Tabla 3.4. Atributos del CU 2

Diagrama de secuencia (Figura 3.10):

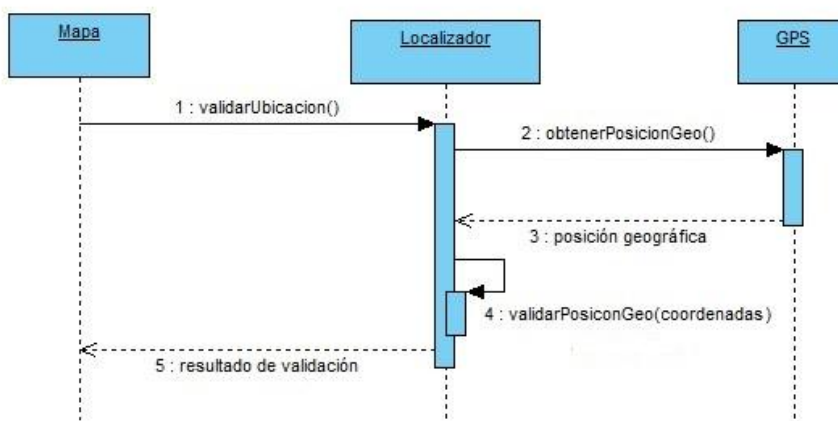





Figura 3.10. Diagrama de secuencia para el CU 2

Trayectorias del caso de uso:

Trayectoria principal

1.  envía parámetros de ubicación mediante el dispositivo de GPS.
2.  procesa los datos de la ubicación.
3.  determina si la ubicación es válida o no, haciendo uso de parámetros predefinidos. [Regreso a Trayectoria alterna correspondiente CU1]  
- Fin de trayectoria

**CU 3: Configurar aplicación**

Descripción:

Este caso de uso le permite al usuario modificar aspectos estéticos de la aplicación.

Atributos (Tabla 3.5):

Caso de uso	Configurar aplicación
Versión	1
Actores	Usuario.
Propósito	Permitir modificar aspectos estéticos de la aplicación.
Entradas	Ninguna.
Salidas	Aspectos a configurar de la aplicación.
Pre condiciones	Estar en la interfaz de inicio.
Post condiciones	Configuración de la aplicación modificada. Estar en la interfaz de inicio.
Autor(es)	José Rogelio Navarro Cervantes
Referencias	Ninguna.
Tipo	Principal.

Tabla 3.5. Atributos del CU 3

Diagrama de secuencia (Figura 3.11):

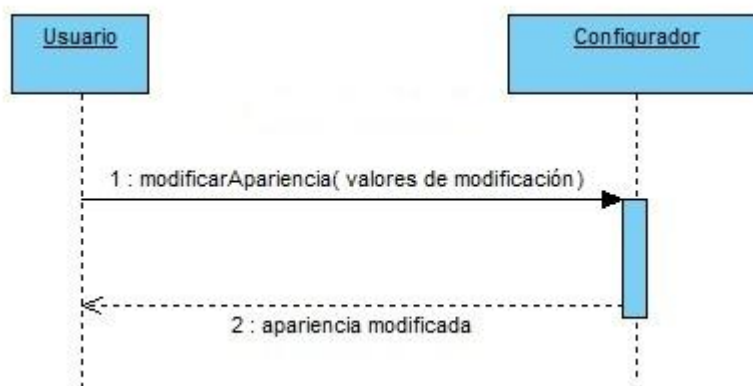






Figura 3.11. Diagrama de secuencia para el CU 3







Trayectorias del caso de uso:





Trayectoria principal

1.  presiona el botón de Configurar aplicación.
  2.  despliega la interfaz de configuración con las opciones disponibles a modificar.
  3.  cede el control de la aplicación al  . [Punto de control]
- Fin de trayectoria




Trayectoria alterna A. Modificar color.


1.  elige la opción de modificar color.
  2.  despliega los colores disponibles para configurar la aplicación.
  3.  elige el color deseado y pulsa el botón de guardar.
  4.  almacena la configuración de la aplicación con el tamaño de icono solicitado y se regresa al punto de control (Trayectoria principal CU3, paso 3).
- Fin de trayectoria

Trayectoria alterna B. Modificar tamaño de iconos



1.  elige la opción de modificar tamaño de iconos.
  2.  despliega los tamaños de icono disponibles para configurar la aplicación.
  3.  elige el tamaño de icono deseado y pulsa el botón de guardar.
  4.  almacena la configuración de la aplicación con el tamaño de icono solicitado y se regresa al punto de control (Trayectoria principal CU3, paso 3).
- Fin de trayectoria

Trayectoria alterna C. Modificar tamaño de fuente

1.  elige la opción de modificar tamaño de fuente.
2.  despliega los tamaños de fuente disponibles para configurar la aplicación.
3.  elige el tamaño de icono deseado y pulsa el botón de guardar.

4.  almacena la configuración de la aplicación con el tamaño de icono solicitado y se regresa al punto de control (Trayectoria principal CU3, paso 3).  
- Fin de trayectoria

Trayectoria alterna D. Salir de configuración

1.  presiona el botón contextual de regresar.
2.  despliega la interfaz principal.  
- Fin de trayectoria

**CU 4: Modificar vista**

Descripción:

Este caso de uso le permite al usuario ver el mapa virtual de la aplicación en una escala distinta a la que se despliega originalmente.

Atributos (Tabla 3.6):

Caso de uso	Modificar Vista
Versión	1
Actores	Usuario.
Propósito	Modificar la escala del mapa virtual para que el usuario pueda visualizarlo de manera más cómoda.
Entradas	Mapa y escala actual.
Salidas	Mapa con la escala modificada si se pudo realizar la operación, en caso contrario un mensaje de error.
Pre condiciones	Estar en la interfaz del mapa virtual.
Post condiciones	Estar en la interfaz del mapa virtual con una escala modificada en caso de ser posible, en caso contrario la escala se mantiene.
Autor(es)	José Rogelio Navarro Cervantes
Referencias	Ninguna.
Tipo	Principal.

Tabla 3.6. Atributos del CU 4

Diagrama de secuencia (Figura 3.12):

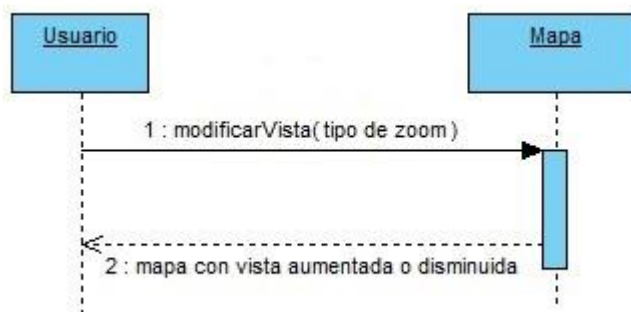



Figura 3.12. Diagrama de secuencia para el CU 4


---

### Trayectorias del caso de uso:



#### Trayectoria principal

1.  realiza el gesto con los dedos para acercamiento (Ir a Trayectoria alterna A CU4), alejamiento (Ir a Trayectoria alterna C CU4) o desplazamiento (Ir a Trayectoria alterna F CU4).  
- Fin de trayectoria

#### Trayectoria alterna A. Acercar

1.  válida la escala actual. [Ir a trayectoria B o E, según corresponda]  
- Fin de trayectoria



#### Trayectoria alterna B. Aumentar escala

1.  modifica la escala, por un factor determinado y devuelve el control de la aplicación al . [Ir a Trayectoria alterna A CU1, paso 4]  
- Fin de trayectoria

#### Trayectoria alterna C. Alejar

1.  válida la escala actual. [Ir a Trayectoria alterna C o E, según corresponda]  
- Fin de trayectoria


#### Trayectoria alterna D. Reducir escala

1.  modifica la escala, por un factor determinado y devuelve el control de la aplicación al . [Ir a Trayectoria alterna A CU1, paso 4]  
- Fin de trayectoria

#### Trayectoria alterna E. Escala inválida

1.  no modifica la escala. [Ira Trayectoria alterna A CU1, paso 4]  
- Fin de trayectoria

#### Trayectoria alterna F. Desplazamiento

1.  modifica la posición de la vista del mapa. [Ira Trayectoria alterna A CU1, paso 4]  
- Fin de trayectoria

**CU 5: Cambiar planta**

Descripción:

Este caso de uso le permite al usuario ver una planta distinta del mapa virtual de la aplicación.

Atributos (Tabla 3.7):

Caso de uso	Cambiar planta
Versión	1
Actores	Usuario.
Propósito	Cambiar la planta del mapa virtual para que el usuario pueda visualizar otra planta diferente a la que esta activa actualmente.
Entradas	Mapa y planta actual.
Salidas	Mapa con otra planta en primer plano si se pudo realizar la operación, de lo contrario un mensaje de error.
Pre condiciones	Estar en la interfaz del mapa virtual.
Post condiciones	Estar en la interfaz del mapa virtual con una planta diferente en caso de ser válido, en caso contrario la escala se mantiene.
Autor(es)	José Rogelio Navarro Cervantes
Referencias	Ninguna.
Tipo	Principal.

Tabla 3.7. Atributos del CU 5


Diagrama de secuencia (Figura 3.13):



Figura 3.13. Diagrama de secuencia para el CU 5

Trayectorias del caso de uso:

Trayectoria principal

1.  presiona el botón de Planta Baja (Ir a Trayectoria alterna A), Primer Piso (Ir a Trayectoria alterna B) o Segundo Piso (Ir a Trayectoria alterna C) según corresponda.  
- Fin de trayectoria

Trayectoria alterna A. Cambiar a PB

1.  válida si la operación de cambio de planta es válida. [Ir a Trayectoria alterna D o E, según corresponda]  
- Fin de trayectoria


Trayectoria alterna B. Cambiar a 1P

1.  válida si la operación de cambio de planta es válida. [Ir a Trayectoria alterna D o E, según corresponda]  
- Fin de trayectoria

Trayectoria alterna C. Cambiar a 2P

1.  válida si la operación de cambio de planta es válida. [Ir a Trayectoria alterna D o E, según corresponda]  
- Fin de trayectoria

Trayectoria alterna D. Cambio de planta

1.  cambia la planta, por la que fue seleccionada por el  y le devuelve el control de la aplicación. [Ir a Trayectoria alterna A CU1, paso 4]  
- Fin de trayectoria

Trayectoria alterna E. Cambio inválido

1.  conserva la planta actual. [Ir a Trayectoria alterna A CU1, paso 4]  
- Fin de trayectoria

**CU 6: Buscar sitio de interés**

Descripción:

Este caso de uso le permite al usuario buscar un lugar dentro del mapa virtual que esté definido como sitio de interés.

Atributos (Tabla 3.8):

<b>Caso de uso</b>	<b>Buscar sitio de interés</b>
<b>Versión</b>	1
<b>Actores</b>	Usuario.
<b>Propósito</b>	Brindar una herramienta al usuario para buscar los sitios de interés almacenados dentro de la aplicación
<b>Entradas</b>	Mapa y sitio de interés a buscar.
<b>Salidas</b>	Mapa centrado en el sitio de interés localizado en caso de existir y su información, o en caso contrario un mensaje de error.
<b>Pre condiciones</b>	Estar en la interfaz del mapa virtual.
<b>Post condiciones</b>	Estar en la interfaz del mapa virtual con el sitio centrado en la vista en caso de ser válido y su información, en caso contrario se indicara que no se pudo llevar a cabo la búsqueda.
<b>Autor(es)</b>	José Rogelio Navarro Cervantes
<b>Referencias</b>	Ninguna.
<b>Tipo</b>	Principal.

Tabla 3.8. Atributos del CU 6

Diagrama de secuencia (Figura 3.14):

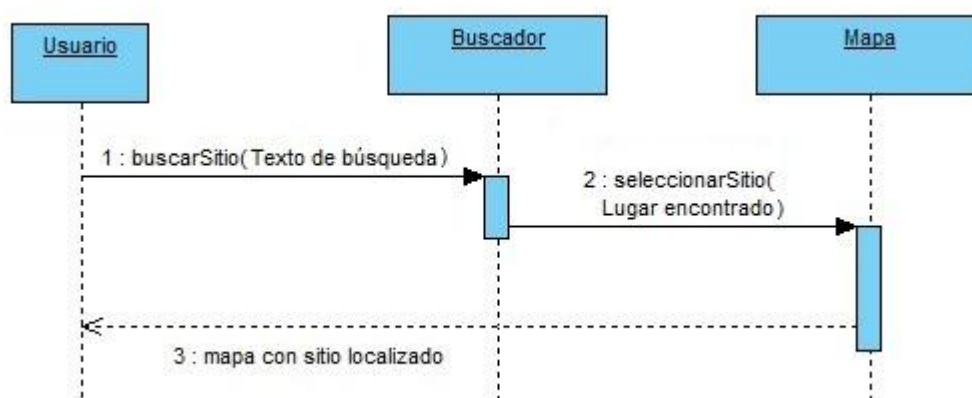





Figura 3.14. Diagrama de secuencia para el CU 6



---

### Trayectorias del caso de uso:


#### Trayectoria principal

1.  presiona el botón de búsqueda.
  2.  despliega un cuadro de dialogo para que sea introducido un nombre o etiqueta.
  3.  introduce la información pertinente y oprime el botón buscar. [Ir a Trayectoria alterna A o B, según corresponda]
- Fin de trayectoria

#### Trayectoria alterna A. Búsqueda exitosa

1.  busca el sitio asociado al nombre.
  2.  muestra la ubicación del sitio encontrado. [Ir a la Trayectoria principal CU7, paso 2]
- Fin de trayectoria

#### Trayectoria alterna B. Error de búsqueda

1.  despliega un mensaje de ERROR: “Sitio no encontrado”. [Ir a la Trayectoria principal CU1, paso 4]
- Fin de trayectoria



**CU 7: Trazar ruta a sitio**

Descripción:

Este caso de uso le permite al usuario visualizar una posible ruta hacia un sitio de interés previamente buscado o elegido.

Atributos (Tabla 3.10):

Caso de uso	Trazar ruta al sitio
Versión	1
Actores	Usuario.
Propósito	Brindar una herramienta al usuario tener una ruta hacia un sitio de interés.
Entradas	Mapa y sitio de interés.
Salidas	Mapa con una ruta trazada a partir de la ubicación del usuario hacia el sitio de interés.
Pre condiciones	Estar en la interfaz del mapa virtual y haber buscado o elegido un sitio de interés.
Post condiciones	Estar en la interfaz del mapa virtual con una ruta trazada a partir de la ubicación del usuario hacia el sitio de interés.
Autor(es)	José Rogelio Navarro Cervantes
Referencias	Ninguna.
Tipo	Principal.

Tabla 3.9. Atributos del CU 7

Diagrama de secuencia (Figura 3.15):

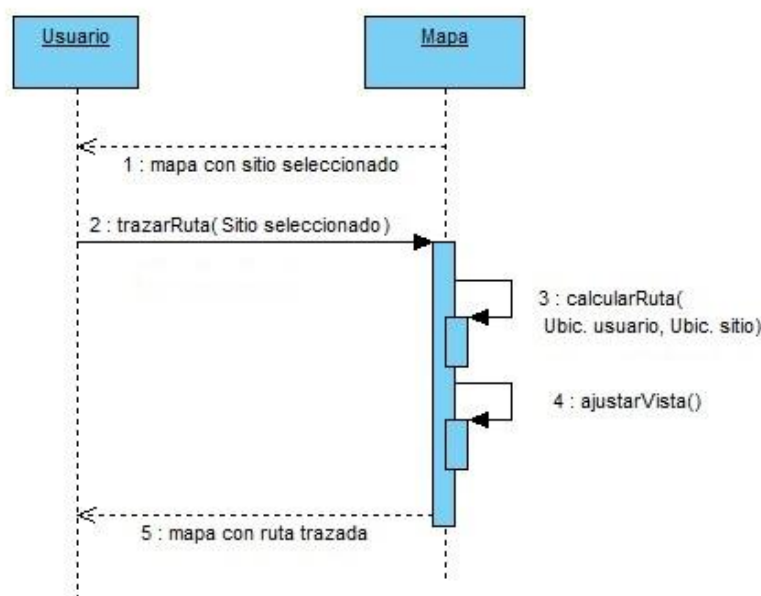




Figura 3.15. Diagrama de secuencia para el CU 7

Trayectorias del caso de uso:

Trayectoria principal

1.  determina la ruta al sitio de interés.
  2.  traza la ruta al sitio de interés. [Ir a Trayectoria principal CU1, paso 4]
- Fin de trayectoria

### 3.2.2 Diagramas de estado

En estos diagramas se especifica el comportamiento de las dos clases principales del sistema: el localizador, encargado de ejecutar las tareas de validar la ubicación geográfica del usuario, así como de obtener su posición espacial dentro de las instalaciones de la ESCOM (Figura3.16); y el mapa, en el cual se refleja el funcionamiento principal de la aplicación (Figura3.17).

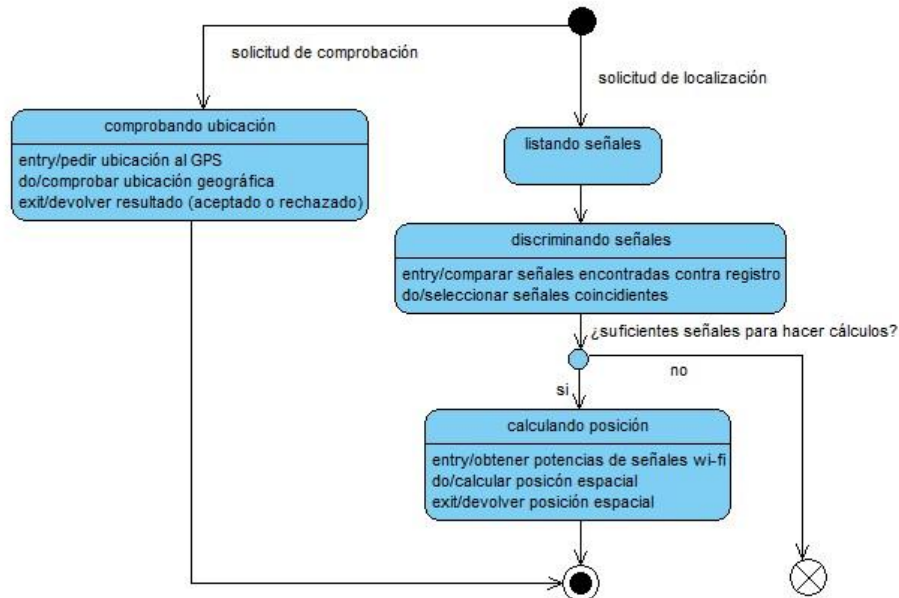


Figura 3.16. Diagrama de estados del localizador

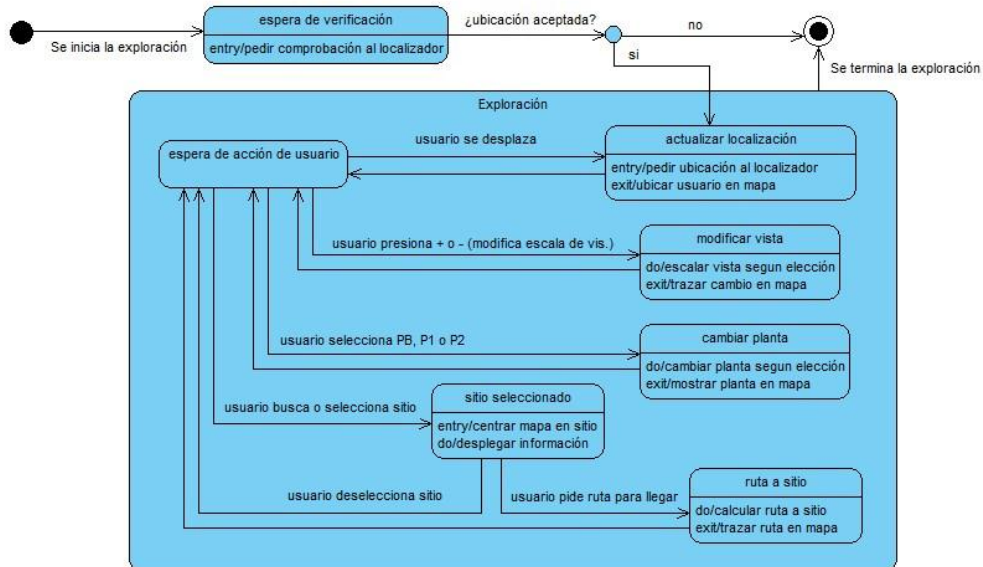


Figura 3.17. Diagrama de estados del mapa

### 3.2.3 Diagrama de clases

En este diagrama se muestran las clases principales del sistema, su relación entre ellas, además de visualizar los métodos y atributos (Figura 3.18).

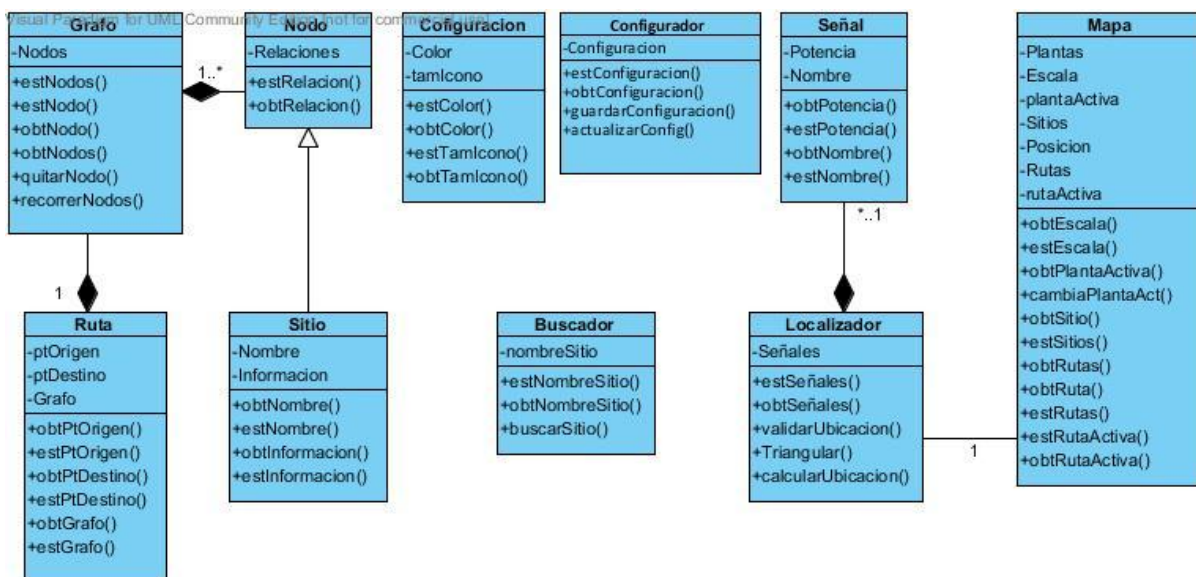


Figura 3.18. Diagrama de clases del sistema

### 3.2.4 Diagrama de despliegue

Este diagrama sintetiza los componentes principales del sistema, su interacción con las demás partes del dispositivo móvil y a su vez las pertinentes a los AP y los satélites de localización para GPS (Figura 3.19).

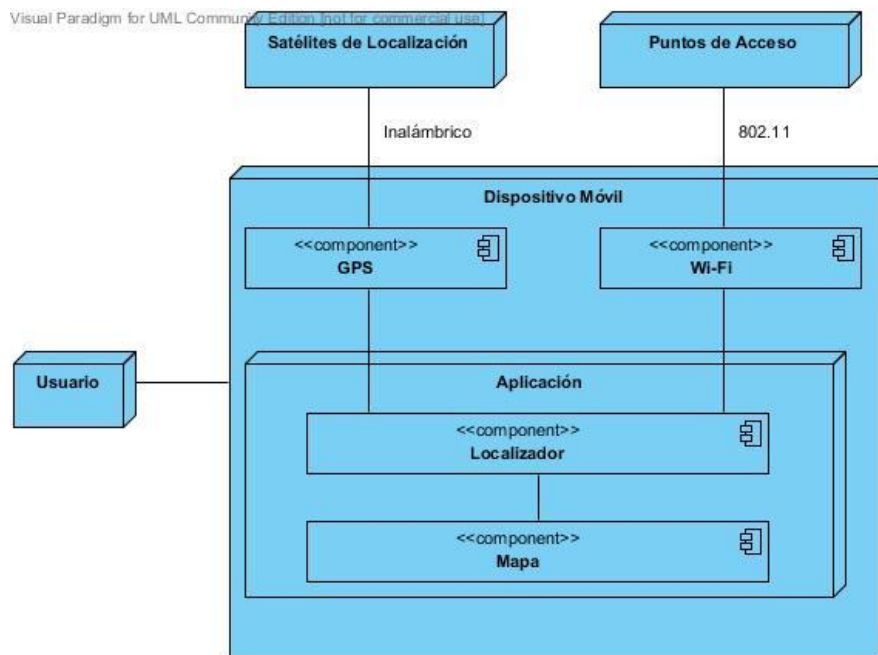


Figura 3.19. Diagrama de despliegue del sistema

### 3.2.5 Diagrama de Arquitectura

Este diagrama muestra la interacción de los componentes de la aplicación con los componentes que contiene el dispositivo y los elementos externos a este (Figura 3.20).

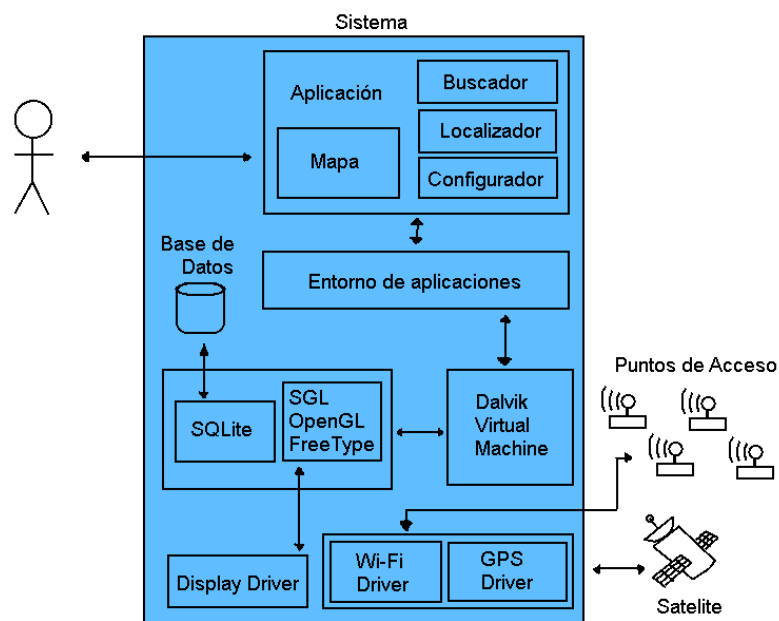


Figura 3.20. Diagrama de arquitectura

### 3.2.6 Diagrama Entidad-Relación

Para almacenar los datos necesarios para la aplicación, se determinó el uso de una base de datos. SQLite que es un manejador de base de datos que viene integrado dentro de Android, por lo tanto se hace uso de este para el diseño e implantación de la base. Su estructura se compone de las siguientes tablas:

- “cuadrante” contiene el identificador de cada cuadrante dentro de las rejillas elaboradas en el mapa, junto con las coordenadas ‘x’, ‘y’ y un código de área para poder ubicarlas.
- “sitio” se compone de la información que se necesita conocer de los puntos de interés dentro de la escuela (nombre, encargado, descripción).
- “sitiocuadrante” guarda la ubicación de cada sitio en uno o varios cuadrantes según corresponda.
- “accesspoint” recopila el identificador de un punto de acceso, así como el nombre de la conexión SSID.
- “senialescuadrante” almacena la correlación entre los puntos de acceso y el número de cuadrantes donde se encuentran presentes, así como los valores recibidos de la intensidad de señal de cada punto de acceso en un cuadrante (además de obtener un margen de tolerancia para su uso en la aplicación).
- “vecinos” combina el identificador tanto de un cuadrante como de alguno de los cuadrantes más cercanos a éste.

- “android\_metadata”, entidad auxiliar que debe ser implementada al utilizar cualquier base de datos en un dispositivo móvil con Android para poder llevar a cabo la conexión e interacción con ésta misma.

La Figura 3.21 muestra el Diagrama Entidad-Relación correspondiente a la base de datos implementada en la aplicación.

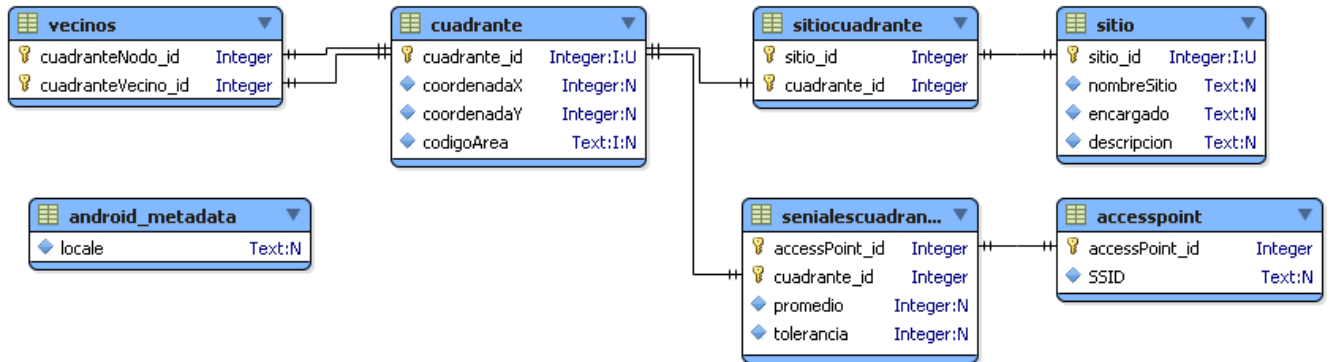


Figura 3.21. Diagrama Entidad-Relación de la basa de datos

## CAPÍTULO 4: **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN**

---

## 4.1 Mapas de las instalaciones

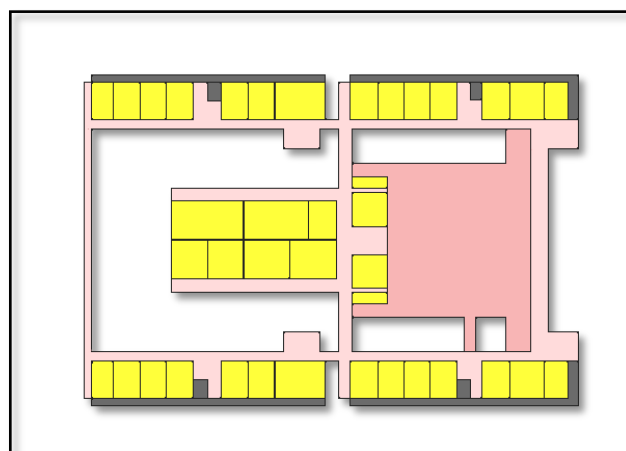
Para la creación del mapa virtual en donde se reflejara de manera gráfica la posición del usuario se realizó el siguiente proceso.

### 4.1.1 Medición

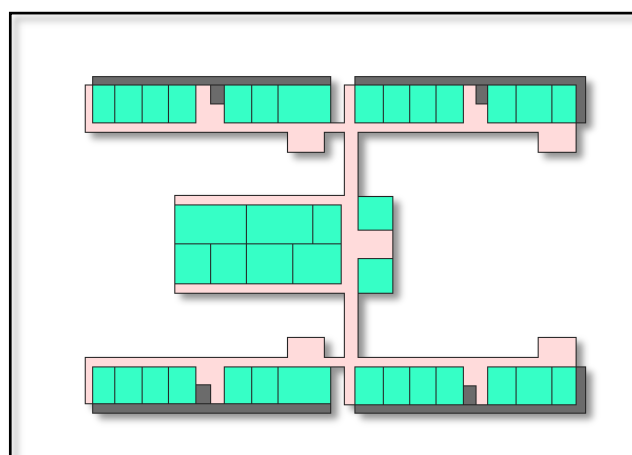
Para la elaboración de los mapas de la Escuela Superior de Cómputo se realizaron previamente mediciones de las instalaciones. Haciendo uso de un flexómetro y un esquema preliminar de las instalaciones de las plantas de la institución. Se tomaron las medidas de una planta entera y posteriormente y de las áreas particulares de cada planta. Debido a que prácticamente las 3 plantas tienen una estructura similar no se realizaron medidas de las otras plantas.

### 4.1.2 Diseño

Posterior al levantamiento de las mediciones de las instalaciones, se acudió a la asistencia del software Autodesk AutoCAD 2010 versión estudiantil obtenida de manera gratuita al registrarse en su sitio de comunidad. Con ayuda de la herramienta se realizó el trazado de los mapas con base a las medidas obtenidas previamente. A continuación se muestran los mapas de planta baja (Figura 4.1), la planta 1 (Figura 4.2) y la planta 2 (Figura 4.3).

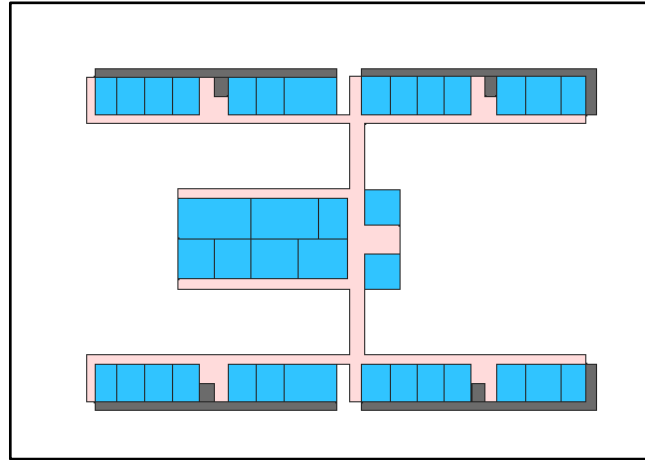


*Figura 4.1. Mapa de la planta baja de ESCOM*



*Figura 4.2. Mapa de la planta 1 de ESCOM*





*Figura 4.3. Mapa de la planta 2 de ESCOM*

Los mapas fueron exportados a un formato de imagen PNG para que se conservara la calidad de imagen y el consumo de almacenamiento sea el menor posible.

#### **4.1.3 Segmentación**

Al concluir con la elaboración del mapa para cada planta de las instalaciones se procedió a generar una rejilla usada para tener una división ordenada de todo el mapa y tener una pauta para hacer mediciones de las intensidades de las señales en puntos ya determinados por esta. Se usó una superposición sobre el mapa original para obtener una cuadrícula donde se marcan los cuadrantes (Figura 4.4). Este seccionamiento solo es válido en los pasillos y escaleras del mapa.

Para obtener el valor de las dimensiones de cada cuadrante contenido en la rejilla se tomó como referencia el valor de la longitud de ESCOM que es de 120 m aproximadamente, con base a este dato, se consideró usar una porción de esta medida, dicha corresponde al 2%, resultando que las medidas de cada cuadrante son de 2.4 m x 2.4 m.

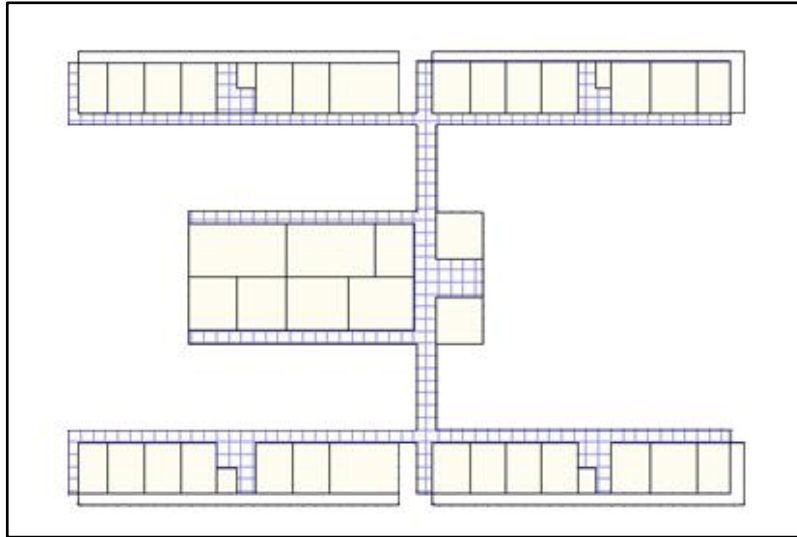


Figura 4.4. Mapa con la superposición de la rejilla

Una vez generados los cuadrantes donde se realizaran las lecturas de la intensidad de las señales de los AP, se procederá a realizar la recolección de información para completar la fase de aprendizaje de Fingerprint.

## 4.2 Procesamiento de las señales

En este apartado se describe de manera breve el proceso que se llevó a cabo para poder tener un registro de las señales y sus intensidades en cada cuadrante. La Figura 4.5 describe el flujo de acciones que se llevaron a cabo para el procesamiento.

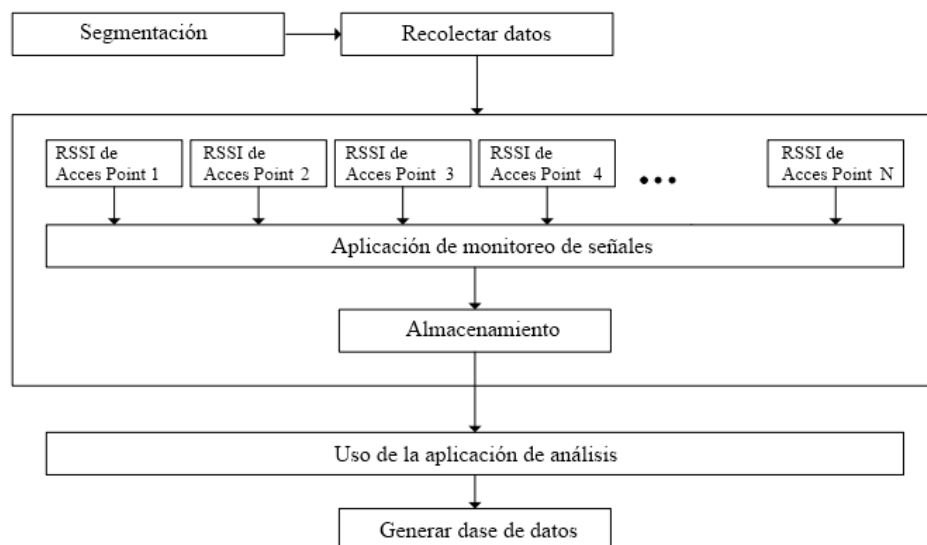


Figura 4.5. Diagrama de flujo para el procesamiento de datos

### 4.2.1 Análisis del espectro

Se creó una aplicación para realizar la tarea del monitoreo de las señales pertenecientes a las instalaciones en un cierto lapso de tiempo y se procedió a emplear la herramienta (Figura 4.6), tomando mediciones en cada cuadrante en una planta del conjunto de edificios en la ESCOM. Como resultado la aplicación genera

un archivo de texto plano (Figura 4.7) donde se almacena la información necesaria para analizar los datos de cada cuadrante y generar los datos necesarios para realizar la localización.

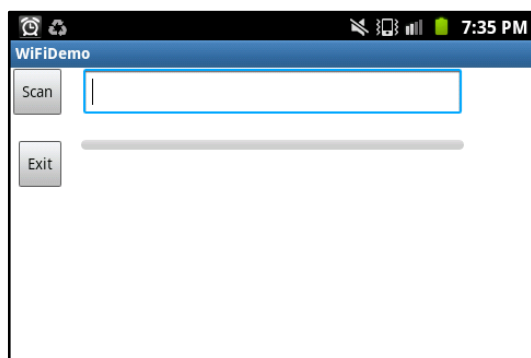


Figura 4.6. Aplicación para el monitoreo

```

1 -----
2 * WirelEscoM-Dep ISC a -62 db
3 * WirelEscom-Edif-Lab-2N a -77 db
4 * MABJWireless a -88 db
5 * WirelEscoM-TTerminal a -89 db
6 * WirelEscoM-Anexo-Edif2 a -89 db
7 -----
8 * WirelEscoM-Dep ISC a -64 db
9 * WirelEscom-Edif-Lab-2N a -77 db
10 * Wireless-249 a -85 db
11 * WirelEscoM-Anexo-Edif2 a -88 db
12 * WirelEscoM-TTerminal a -92 db
13 * MABJWireless a -96 db
14 -----
15 * WirelEscoM-Dep ISC a -61 db
16 * WirelEscom-Edif-Lab-2N a -78 db
17 * WirelEscoM-TTerminal a -90 db
18 * WirelEscoM-Anexo-Edif2 a -89 db
19 * MABJWireless a -96 db
20 -----
21 * WirelEscoM-Dep ISC a -60 db
22 * WirelEscom-Edif-Lab-2N a -85 db
23 * WirelEscoM-TTerminal a -89 db
24 * WirelEscoM-Anexo-Edif2 a -89 db
25 * WirelEscoM-LS2 a -89 db
26 -----
27 * WirelEscoM-Dep ISC a -62 db
28 * WirelEscom-Edif-Lab-2N a -82 db
29 * WirelEscoM-Anexo-Edif2 a -88 db
30 * WirelEscoM-TTerminal a -93 db
31 -----
32 * WirelEscoM-Dep ISC a -60 db
33 * WirelEscom-Edif-Lab-2N a -82 db
34 * WirelEscoM-Anexo-Edif2 a -84 db
35 * WirelEscoM-TTerminal a -90 db
36 * WirelEscoM-LS2 a -91 db
37 -----
38 * WirelEscoM-Dep ISC a -61 db

```

Figura 4.7. Archivo de resultado de monitoreo

Para concluir con el análisis se recurrió a un programa creado para procesar las lecturas recabadas de cada cuadrante, identificando las tres señales predominantes en cada uno de estos, sus respectivos valores de referencia y una tolerancia para cada valor (Figura 4.8). A cada señal se le asignó un número entero para identificarla; con este valor se generó un “código de área”, el cual contiene en orden ascendente los identificadores de cada una de las señales predominantes, agregando un “00” como relleno por cada señal faltante, con un mínimo de una señal por cuadrante. Los resultados del programa anterior generaron sentencias SQL para ser introducidas en la base de datos del sistema (Figura 4.9).

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\GARI\Dropbox\proys\tt\parser\build\classes\parser>java -cp .. parser.lo
gica.parser C:\Users\GARI\Desktop\med
CUADRANTES:
1201 : 010200
1202 : 010300
1203 : 010304
1204 : 030000
1205 : 010300
1206 : 030100
1207 : 030100
1208 : 030100
1209 : 010304
1210 : 010304
1211 : 010302
1212 : 010304
1213 : 010205
1214 : 010200
1215 : 010602
1216 : 010302
1217 : 030102
1218 : 030102
1219 : 010307
1220 : 010200
1221 : 030102
1222 : 010302

```

Figura 4.8. Resultado en consola del procesamiento de los archivos

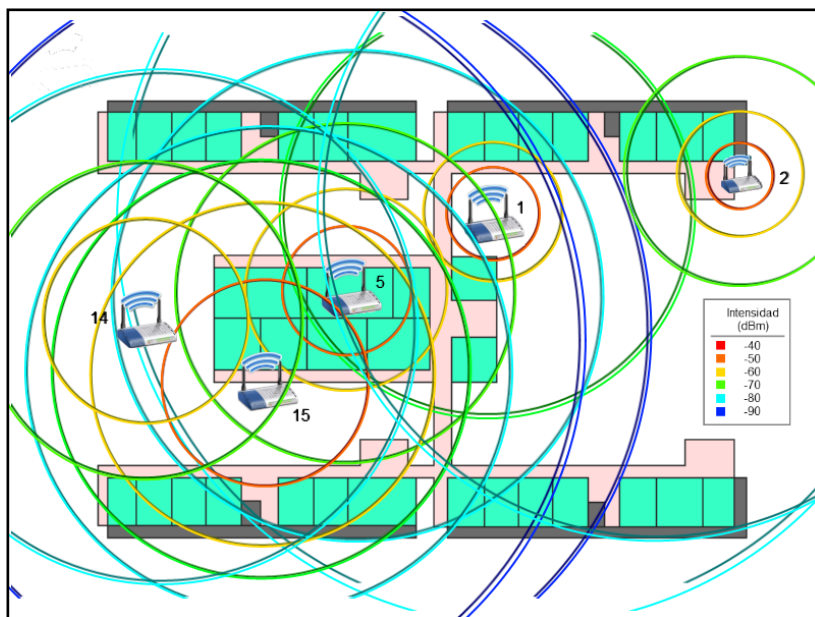
```

1 INSERT INTO accesspoint VALUES (1,'WirelEsscoM-ITerminal')
2 INSERT INTO accesspoint VALUES (2,'WirelEsscoM-UDI')
3 INSERT INTO accesspoint VALUES (3,'WirelEsscoM-Laboratorios')
4 INSERT INTO accesspoint VALUES (4,'WirelEsscoM-SocyProg')
5 INSERT INTO accesspoint VALUES (5,'WirelEsscoM-DCT')
6 INSERT INTO accesspoint VALUES (6,'WirelEsscoM-LS2')
7 INSERT INTO accesspoint VALUES (7,'WirelEsscoM-CELEXESCOM')
8 INSERT INTO accesspoint VALUES (8,'WirelEsscoM-Cafeteria')
9 INSERT INTO accesspoint VALUES (9,'WirelEsscoM-CDT-D')
10 INSERT INTO accesspoint VALUES (10,'WirelEsscoM-LabProgramacion2')
11 INSERT INTO accesspoint VALUES (11,'WirelEsscoM-Anexo-Edif1')
12 INSERT INTO accesspoint VALUES (12,'WirelEsscoM-Edif1 Sur B')
13 INSERT INTO accesspoint VALUES (13,'WirelEsscoM-Anexo-Edif2')
14 INSERT INTO accesspoint VALUES (14,'WirelEsscoM-Edif-Lab-2N')
15 INSERT INTO accesspoint VALUES (15,'WirelEsscoM-Dep ISC')
16
17 INSERT INTO cuadrante VALUES (1201,0,0,'010200')
18 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (1,1201,65,2)
19 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (2,1201,81,1)
20
21 INSERT INTO cuadrante VALUES (1202,0,0,'010300')
22 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (1,1202,72,2)
23 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (3,1202,81,1)
24
25 INSERT INTO cuadrante VALUES (1203,0,0,'010304')
26 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (1,1203,69,4)
27 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (3,1203,77,4)
28 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (4,1203,82,2)
29
30 INSERT INTO cuadrante VALUES (1204,0,0,'030000')
31 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (3,1204,68,4)
32
33 INSERT INTO cuadrante VALUES (1205,0,0,'010300')
34 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (1,1205,68,1)
35 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (3,1205,72,6)
36
37 INSERT INTO cuadrante VALUES (1206,0,0,'030100')
38 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (3,1206,79,6)
39 INSERT INTO senialescuadrante VALUES (1,1206,87,3)

```

Figura 4.9. Fragmento de las sentencias generadas para la base de datos

La información obtenida, en combinación con los mapas generados, permitió obtener los mejores y peores Access Points presentes en las lecturas. La Figura 4.10 muestra las mejores cinco señales, su dispersión y localización en la planta 1, de forma similar con las tres peores en la Figura 4.11.



ID	Access Point
1	WirelEsscoM-Edif-Lab-2N
2	WirelEsscoM-UDI
5	WirelEsscoM-SocyProg
14	WirelEsscoM-Anexo-Edif2
15	WirelEsscoM-Edif-Lab-2N

Tabla 4.1. Referencias de las señales en la Figura 4.10

Figura 4.10. Mapa de dispersión de las mejores señales

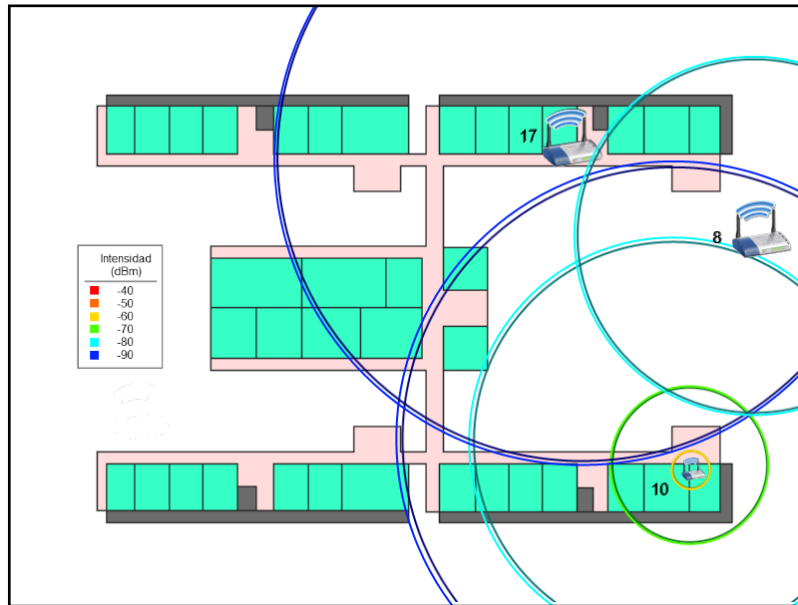


Figura 4.11. Mapa de dispersión de las peores señales

ID	Access Point
8	WirelEsscoM-Cafeteria
10	WirelEsscoM-DCT
17	WirelEsscoM-CELEXESCOM

Tabla 4.2. Referencias de la señales de la Figura 4.11

#### 4.2.2 Almacenamiento del espectro

Con los datos generados para cada cuadrante, se procedió al vaciado de la información a la base de datos descrita en el capítulo anterior. Esta información es usada de referencia por el algoritmo de localización para calcular la ubicación del usuario en el mapa virtual.

Para iniciar con el desarrollo, se abordó la función de localización, tópico en el cual se eligió usar la técnica de Fingerprint, debido a que esta técnica contempla el uso de un método basado en las características de los AP, además permitir asociar directamente tales características a un punto específico en el mapa de forma explícita.

Con la base de datos necesaria para el método de Fingerprint, se puede proceder a generar la aplicación que sea capaz de realizar la localización haciendo uso de la información generada con el proceso anteriormente descrito.

#### 4.3 Desarrollo de la aplicación

El desarrollo de la aplicación consiste en la elección de una herramienta para realizarlo, así como el enfoque en tres módulos esenciales: búsqueda, localización y el trazado de rutas.

### 4.3.1 Herramientas de desarrollo

El componente principal de las herramientas para el desarrollo del proyecto es el kit de herramientas de desarrollo de Android (ADT), el cual se encuentra disponible para su descarga gratuita en el sitio oficial de desarrolladores de Android [26]. Además de contar con el software necesario para descargar las distintas versiones de SDK disponibles, cuenta con un administrador para los dispositivos virtuales y una versión Eclipse optimizada para el desarrollo en Android.

### 4.3.2 Interfaces gráficas

Para poder desarrollar los módulos descritos anteriormente, primero se deben crear las interfaces gráficas que serán asociadas a las funciones del sistema.

Siguiendo los casos de uso descritos en el capítulo anterior, se diseñaron las siguientes pantallas:

- Pantalla principal (Figura 4.12).
- Pantalla de configuración (Figura 4.13).
- Pantalla de configuración con diferente configuración (Figura 4.14).
- Pantalla de exploración (Figura 4.15).
- Pantalla de búsqueda (Figura 4.16).
- Pantalla de búsqueda con sugerencia (Figura 4.17).
- Pantalla de exploración con búsqueda realizada (Figura 4.18).



*Figura 4.12. Pantalla principal de la aplicación*



Figura 4.13. Pantalla de configuración con opciones por defecto



Figura 4.14. Pantalla de configuración con opciones modificadas

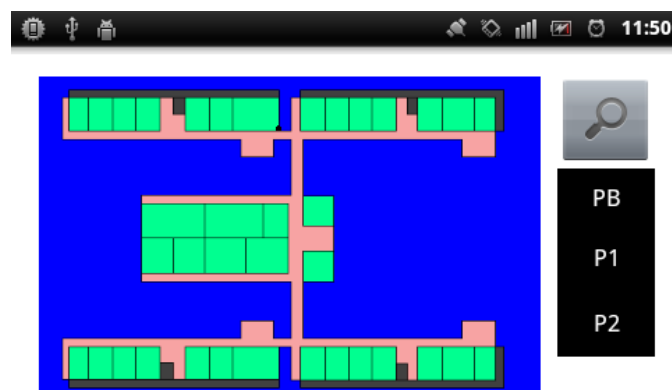


Figura 4.15. Pantalla de exploración

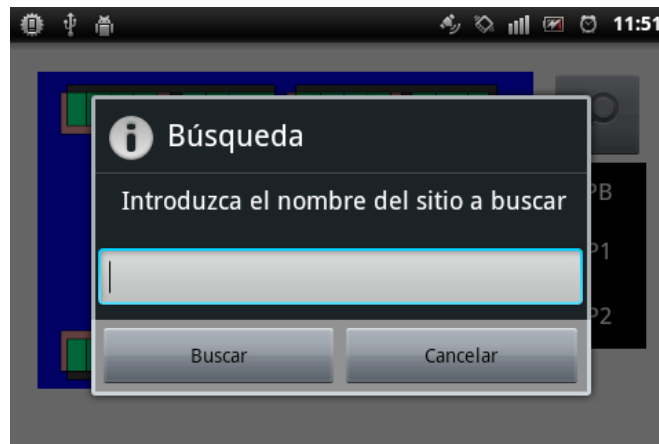


Figura 4.16. Pantalla inicial de búsqueda

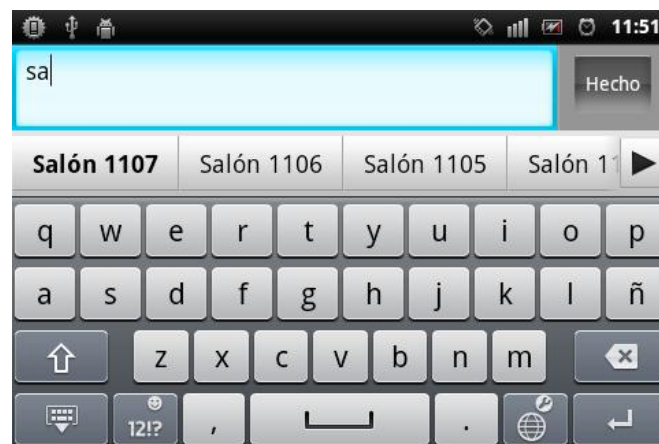


Figura 4.17. Pantalla con las opciones de autocompletado

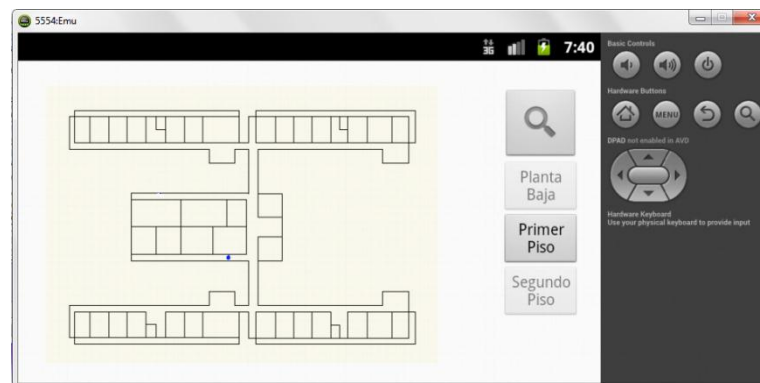


Figura 4.18. Pantalla con la localización del sitio buscado

### 4.3.3 Localización del usuario

Con las interfaces gráficas creadas, se procederá a continuar con el proceso de la técnica Fingerprint, desarrollando la funcionalidad que permite llevar a cabo la fase de localización. La Figura 4.19 muestra el diagrama que describe el proceso de la localización del usuario.





Figura 4.19. Diagrama de flujo para la obtención de la localización

El algoritmo usado para la localización genera un código con base en las señales que llegan al cuadrante en el que se encuentra el usuario, para así en una búsqueda de la base de datos encontrar el cuadrante que corresponda con el código generado y de esta manera reflejar la localización del usuario en el mapa virtual de las instalaciones. El pseudocódigo del algoritmo es el siguiente:

**Inicio**

**Lectura:**

```

Función Lectura ()
  Conjunto de listas L
  Para i = 1 hasta 10 con paso 1 Hacer
    Lista de señales l = Leer señales
    Para Cada señal s ∈ l Hacer
      Si (s ∉ Lista de señales en Base de Datos) Entonces
        Remove (s) de l
      Fin Si
    Fin Para Cada
    Guardar (l) en L
  Fin Para
  Devolver L
Fin Función
  
```

**Selección:**

```

//Se buscan las señales que hayan estado en la mayoría de las lecturas
Función ObtenerMasApariciones (conjunto de listas L)
  //la aparición es una señal con el número de veces que está en cada
  //lista, así como el promedio de potencia en esa
  Lista de apariciones masApariciones
  Para Cada lista l ∈ L Hacer
    Para Cada señal s ∈ l Hacer
      Si (s ∉ masApariciones) Entonces
        Agregar (s, l, 0) a masApariciones
      Si no
        SumarAparición (l) a s ∈ masApariciones
      Fin Si
    Fin Para Cada
  Fin Para Cada
  Para Cada aparición a ∈ masApariciones Hacer
    //Las señales deben aparecer más de la mitad de veces en el
    //total de lecturas para tomarlas en cuenta
    Si (veces (a) < (tamaño (L) / 2) + 1) Entonces
      Remove (a) de masApariciones
    Fin Si
  Fin Para Cada
  Devolver masApariciones
Fin Función
//Se busca el promedio de potencia de cada señal obtenida en la función
//anterior
Función ObtenerPromedios (lista de apariciones A, conjunto de listas L)
  
```

```

//La lista de sumatorias guarda la suma total de cada potencia de una
//señal en A que aparezca en las listas de L
Lista de sumatorias promedios
Para Cada lista  $l \in L$  Hacer
    Para Cada aparición  $a \in A$  Hacer
        Si ((señal  $s = \text{señalDe}(a) \in l$ )
            Si ( $s \notin \text{promedios}$ ) Entonces
                Agregar ( $s, \text{potencia}(s \in l)$ ) a promedios
            Si no
                SumarPot ( $\text{potencia}(s \in l)$ ) a  $s \in \text{promedios}$ 
            Fin Si
        Fin Si
    Fin Para Cada
Fin Para Cada

Para Cada sumatoria  $sum \in \text{promedios}$  Hacer
    PonerPromedio (promedio ( $sum$ )) a aparición  $a$  en A donde
    señalDe( $sum$ ) = señalDe( $a$ )
Fin Para Cada

//Se ordena la lista priorizando las apariciones dependiendo del
//promedio de potencia y el número de apariciones, mientras mayores
//sean estos valores más arriba estará la aparición
A = Ordenar(A)

//se quitan de A tantas señales sean necesarias hasta tener 3, en
//caso de que ya sean 3 o menos no se hace nada
Si (tamaño(A) > 3) Entonces
    Mientras (tamaño(A) > 3) Hacer
        RemoverUltimo(A)
    Fin Mientras
Fin Si
//El resultado final es una lista de señales con el promedio y orden
//correspondiente de la lista de apariciones, en cada señal su
//potencia será el promedio esperado
Lista de señales listaDepurada
Para Cada aparición  $a \in \text{masApariciones}$  Hacer
    señal  $s = \text{señalDe}(a)$ 
    PonerPotencia (promedioDe( $a$ )) a  $s$ 
    Agregar ( $s$ ) a listaDepurada
Fin Para Cada
Devolver listaDepurada
Fin Función
//Se genera un código de área para la lista de apariciones resultante
Función GeneraCódigo (lista de señales  $l$ )
    palabra código = ""
    Para Cada señal  $s \in l$ 
        código = código + ClaveDeSeñalEnBaseDatos( $s$ )
    Fin Para Cada
    Si (tamaño ( $l$ ) > 3)
        Para  $i = 1$  hasta  $3 - \text{tamaño} (l)$  con paso 1 Hacer
            código = código + "00"
        Fin Para
    Fin Si
    Devolver código
Fin Función

```

**Ubicación:**

```

//Primero se busca en la base de datos todos los cuadrantes que tengan el
//código generado o que se le parezca en caso de no tener ninguno con este
Función ObtenerCuadrantesCandidatos (palabra código)
    Lista de cuadrantes cuadrantes = BuscarCuadrantesEnBaseDatos (código)
    Si (tamaño (cuadrantes) == 0) Entonces
        //el código se manipula para tratar de encontrar coincidencias
        //en la base de datos

```

```

    Si (código contiene algún "00") Entonces
        código = Quitar00s(código)
    Si no
        //si el código es algo como XXYZZZ se reduce a XXY_,
        //XX_YY, _XX_, ___XX según sea necesario
        código = QuitarCifras(código)
    Fin Si
    cuadrantes = BuscarCuadrantesEnBaseDatos(código)
Fin Si
Devolver cuadrantes
Fin Función
//se busca el cuadrante final de ubicación con base en las señales generadas
//por la función ObtenerPromedios
Función SeleccionarCuadUbicación (lista de cuadrantes C, lista de señales l)
//La lista de candidatos contiene el cuadrante y la sumatoria de
//puntos correspondiente dependiendo de la lista de señales l
Lista de candidatos candidatos
Si (tamaño(c) == 0) Entonces
    Mostrar mensaje de ubicación no calculable
Si no
    Por Cada cuadrante c ∈ C Hacer
        //la sumatoria se hace comparando la lista de señales
        //obtenida con la lista del cuadrante, por cada
        //coincidencia se suma 1 al total
        Agregar (c, sumatoria (listaSeñales(c), l)) a candidatos
    Fin Por Cada
    //se ordenan de mayor a menor sumatoria
    candidatos = Ordenar (candidatos)
    //si existe más de un cuadrante con la sumatoria máxima, la
    //ubicación no es determinable, de lo contrario se encontró
    Si (elegibles (candidatos, maximaSum (candidatos)) > 1) Entonces
        Mostrar mensaje de ubicación no calculable
    Si no
        Devolver Primero (candidatos)
    Fin Si
Fin Si
Fin Función
Fin

```

Con este algoritmo se completa la entidad que permite la función de localización, ahora se procede con el módulo de búsqueda.

#### 4.3.4 Búsqueda de sitios

Para la búsqueda de los sitios de interés, se almaceno en la base de datos la información de los sitios y se agregó la función de autocompletar en la interfaz de búsqueda. Mediante un llenado previo de un arreglo que contiene los nombres de todos los sitios y son agregados al componente de la interfaz gráfica, mismo que realiza el proceso de generar las sugerencias que son extraídas de la base de datos y colocadas en la interfaz.

Posteriormente, cuando el usuario elige una opción o termina de introducir el nombre se procede a extraer la información del sitio en cuestión y con base a las coordenadas se procede a trazar su localización en el mapa virtual de las instalaciones.

Por último, se procederá a hablar del módulo encargado de la función de calcular las rutas.

#### 4.4 Trazado de rutas

El trazado de las rutas se divide en dos fases, el cálculo de la ruta y la representación gráfica en el mapa virtual de la aplicación. El cálculo de la ruta se realiza haciendo uso del algoritmo de Dijkstra o algoritmo

de caminos mínimos, se toma como punto de origen la ubicación actual y como punto de destino el sitio de interés que se buscó, por lo cual, se tienen las siguientes dos consideraciones:

1. No es posible calcular la ruta si no se tiene una ubicación ya determinada, debido a que no se tiene ningún punto de origen para el algoritmo.
2. La ruta que se obtiene como resultado del algoritmo es la mínima, aunque no necesariamente es la óptima.

La representación gráfica se realiza usando un manejo de capas gráficas en la interfaz, con eso se logra tener en una capa el mapa virtual y en otra el trazo de la ruta.

#### 4.5 Pruebas

La fase de pruebas se desarrolló ejecutando la aplicación en ubicaciones específicas del mapa para conocer cuál es el desempeño que tiene. Se hicieron 30 pruebas en 30 cuadrantes distintos; estos fueron elegidos de entre los sitios de interés, debido a que su distribución dentro de las instalaciones es uniforme. La Tabla 4.3 muestra los resultados de las pruebas por cuadrante, ordenados de mayor a menor porcentaje de eficiencia.

Punto de interés	Rejilla	Número de intentos	Porcentaje de eficiencia (%)	Porcentaje de error (%)
Sala de tutorías	1310	30	87	13
Depto. de Ciencias e Ingeniería Computacional	1530	30	73	27
Subdirección de Servicios Educativos e Integración Social	2235	30	64	36
Depto. de Ciencias Sociales	1565	30	57	43
Coord. de Desarrollo Tecnológico	1132	30	50	50
Laboratorio de Programación II	1129	30	47	53
Sala de Consejo	1134	30	47	53
Depto. de Programación y Desarrollo de Sistemas	1524	30	47	53
Laboratorio E4	1573	30	33	67
Sala de Exámenes Profesionales	2540	30	33	67
Depto. de Extensión y Apoyos Educativos	2332	30	27	73
Unidad de Informática	1239	30	23	77
Jefatura	1540	30	23	77
Sala Lic. Torrijos	1559	30	23	77
Unidad Politécnica de Integración Social	2135	30	20	80
Sala de Profesores de Ciencias Básicas	2432	30	20	80
Laboratorios E3	1571	30	17	83
Depto. de Evaluación y Seguimiento Académico	2548	30	17	83
Subdirección Académica	1548	30	13	87
Laboratorio IBM-ESCOM-IPN	1115	30	0	100
Laboratorio de Sistemas II	1118	30	0	100
Laboratorio de Sistemas I	1121	30	0	100
Laboratorio de Programación I	1214	30	0	100
Laboratorio de Sistemas IV	1217	30	0	100

Laboratorio de Sistemas III	1221	30	0	100
Laboratorio de Redes	1229	30	0	100
Sala de Impresiones	1232	30	0	100
Dirección	1339	30	0	100
Sala de Profesores de Programación y Desarrollo de Sistemas	1440	30	0	100
Salón 3101	1518	30	0	100

Tabla 4.3. Resultados de las pruebas

La Figura 4.20 muestra la ubicación de los mejores y peores cuadrantes de la tabla anterior en la planta 1, de manera similar para la Figura 4.21 para la planta 2.

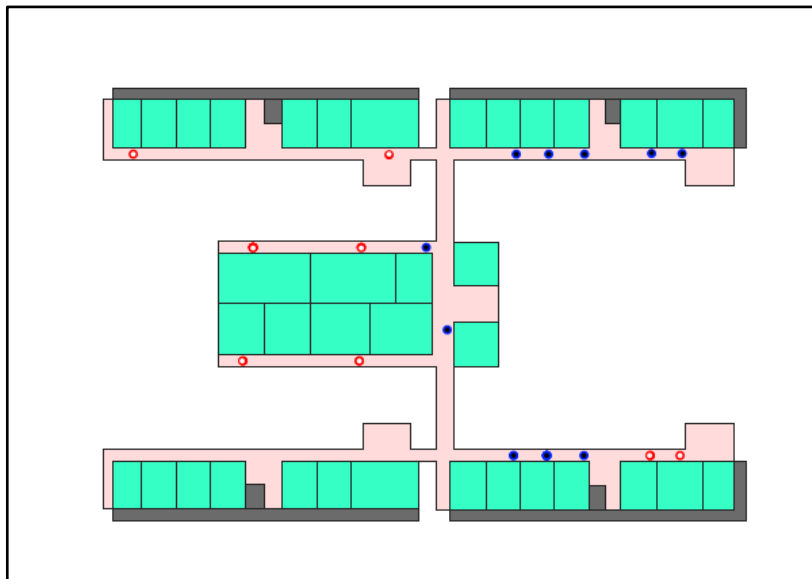


Figura 4.20. Mejores y peores sitios para la planta 1

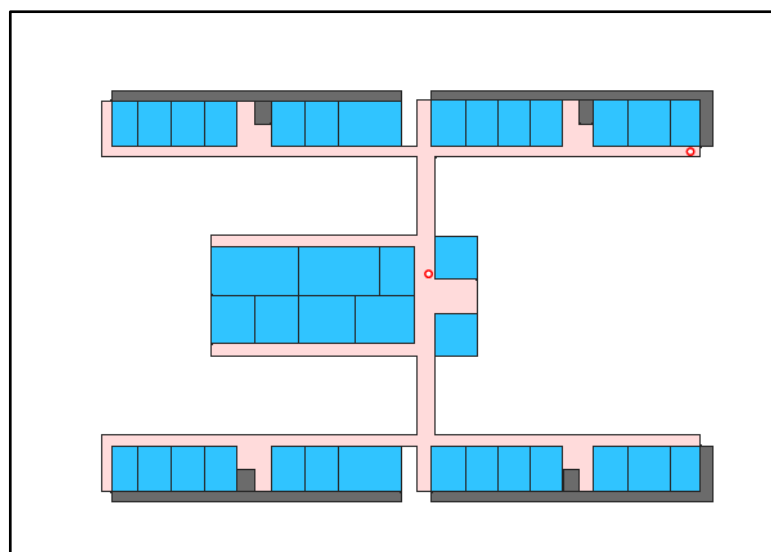


Figura 4.21. Mejores y peores sitios de la planta 2

Obteniendo estadísticas generales, la Figura 4.22 muestra la proporción general de pruebas fallidas contra pruebas exitosas, con la Tabla 4.4 detallando los porcentajes específicos de cada escenario, donde la distancia del punto de prueba al punto resultado va de los 0 (localización exacta) a  $\geq 5$  cuadrantes (localización errónea), incluyendo los casos donde no se pudo determinar la ubicación del usuario.

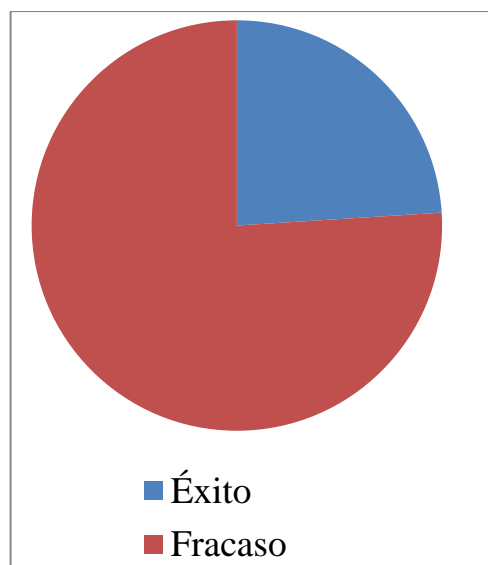


Figura 4.22. Proporción éxito/fracaso

Tipo de resultado	Porcentaje detallado	
Éxito	0	6
	1	7
	2	7
	3	1
	4	2
Fracaso	$\geq 5$	74
	Sin definir	2

Tabla 4.4. Detalle de la estadística general

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

---

## 5.1 Conclusiones

La problemática que se abordó para este Trabajo Terminal fue la dificultad que tanto miembros de la Escuela Superior de Cómputo como visitantes al plantel tienen para encontrar sitios relevantes dentro de la institución, ya sean dependencias administrativas, laboratorios, salones, etc. La solución propuesta consiste en un sistema de localización (implementado en una aplicación para Android 2.3.3) basado en “Wi-Fi Fingerprint”, una técnica en la cual una región es dividida en secciones y cada una es caracterizada por las señales y sus intensidades en ella, y de esta manera poder determinar la ubicación de un usuario.

Para seguir este método se inició con el diseño de los mapas de las regiones a tomar en cuenta, cuyo resultado puede verse en las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3 de este documento; las plantas 1 y 2 de la institución fueron las regiones elegidas para la implementación del sistema. Al tener definidos los lugares donde el usuario puede ser localizado, se procedió a seccionarlos por medio de una rejilla compuesta de cuadrados de 2.4 metros de lado, dándose así la generación de cuadrantes.

Para lograr la caracterización de cada cuadrante se creó una herramienta implementada en dispositivos celulares con Android, la cual permitía crear registros de los Access Points que llegaban a cada uno de estos. La funcionalidad de esta herramienta fue duplicada para ser la parte inicial del algoritmo de localización propuesto, con la particularidad de añadir un filtro de discriminación, utilizando solo las lecturas provenientes de Access Points oficiales.

Al unir los mapas, los registros de las rejillas y el algoritmo de localización se logró la consolidación del sistema: los resultados de ubicación obtenidos por medio del algoritmo, al buscar coincidencias en los registros, son mostrados en la sección correspondiente de los mapas.

Para comprobar la eficiencia del sistema se realizó una fase de pruebas. Los resultados permitieron observar el correcto funcionamiento de los diversos módulos y su comunicación entre sí; por ejemplo, al ser localizado y buscar una ubicación, la ruta era trazada correctamente en los mapas al ser solicitada. Las proporciones de casos de error y éxito mostradas en la Figura 4.22 denotan la necesidad de mejorar la infraestructura de red dentro de la ESCOM.

De estas pruebas se puede concluir que la localización mediante la solución propuesta es posible; sin embargo, existen factores que afectan el desempeño de la aplicación: el clima, el cual afecta el medio de propagación de las señales Wi-Fi cuando contiene cierto grado de humedad. Si además presenta viento, este puede mover los Access Points.

Otro factor de importancia es la intermitencia de las señales, es decir, si estas llegan a estar ausentes en el momento de calcular una ubicación y son requeridas para determinarla. En las pruebas se pudo observar que la zona donde están los lugares con mayor error correspondía con la huella de dispersión del Access Point “WireEsscoM-UDI”, implicando que el día que se hicieron, esta señal fue desactivada.



Para evitar estas y más complicaciones se sugiere realizar un estudio para mejorar la infraestructura de red, redistribuyendo los Access Points dentro de la institución de ser necesario, y reforzando los puntos donde las señales son débiles, mostrados en la Figura 4.11.

Adicionalmente, la tecnología del Sistema de Posicionamiento Global fue empleada para delimitar el uso de la aplicación a la Escuela Superior de Cómputo, empero, en el desarrollo se hizo frente a una complicación: el dispositivo GPS presenta variaciones de localización y tiempo de respuesta.

Las características de este proyecto destacan tres aspectos importantes:

- La modularidad, donde cada parte del sistema (algoritmo de localización, mapas, base de datos, etc.) está definida específicamente y su funcionalidad no se ve comprometida si alguna de las otras es cambiada en sus mecanismos internos.
- La escalabilidad, permitiéndose agregar más módulos sin afectar los previamente establecidos.
- La adaptabilidad, refiriéndose al hecho de que si se desea implementar esta solución a otros casos favorables, solo se necesitaría cambiar la base de datos y rehacer los mapas para el nuevo lugar.

Este Trabajo Terminal implementa la aplicación de conocimientos y habilidades adquiridos, tales como capacidad de trabajo en equipo y auto aprendizaje mediante la realización de proyectos, diseño de software con base en estándares, creación de sistemas de comunicación, entre otros; necesarios para la formación de un Ingeniero en Sistemas Computacionales.

## CAPÍTULO 6: TRABAJOS A FUTURO

---

## 6.1 Trabajos a futuro

El primer trabajo a futuro que se propone es la integración de una API de agenda o calendario por ejemplo Calendar de Google para poder programar tareas en determinados días y en horas específicas, agregando también un módulo para integrar el horario de clases del usuario, para que de esta manera calcule rutas a los salones en donde se debe tomar una clase de una materia, según sea el día y la hora, de esta manera con la funcionalidad ya contenida actualmente en el sistema se transforma en una herramienta que potencialmente se puede integrar a más instituciones escolares con infraestructuras similares.

Debido a que la aplicación es modular, escalable y adaptable, se propone además realizar una investigación pertinente para conocer la viabilidad de utilizar esta aplicación en otros lugares, con los cambios correspondientes, desarrollando las fases de creación del mapa, generación de la rejilla, generar la base de datos y los ajustes mínimos en los fondos de los temas.

## Glosario

3D	En un objeto tridimensional o en 3D, cada punto puede ser localizado especificando tres números dentro de un cierto rango (ejemplo: anchura, longitud y profundidad).
A2DP	Advanced Audio Distribution Profile (Distribución de audio avanzado). Puede propagar audio entre dispositivos a través de una conexión Bluetooth.
ADT	Herramientas de Desarrollo de Android, contiene la versión más reciente al momento del SDK de Android, un AVD manager, un SDK manager y una versión del IDE Eclipse.
AOA	Ángulo De Llegada.
AP	Punto de Acceso.
AVD	Dispositivo Virtual Android, es un dispositivo virtual, que sirve para emular un dispositivo con características específicas y una versión de Android.
AVRCP	Audio/Video Remote Control Profile (Control remoto de audio/vídeo). Diseñado para ofrecer una interfaz estándar para el control de televisores y aparatos de música entre otros.
Baudio	Unidad de medida que representa la cantidad de veces que cambia el estado de una señal en un periodo de tiempo.
Bit	Es una señal electrónica con dos posibles estados: encendido (0) o apagado (1).
Bluetooth	Tecnología que permite la transferencia de datos entre dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia.
BTS	Base Transmission Station.
Cliente	Es quien accede al servicio mediante el uso de una aplicación.
código abierto	Es el código fuente de una aplicación que se encuentra a disposición de cualquier usuario.

---

Computadora	Es una máquina la cual permite procesar datos para después usarlos como información útil.
Conexión	Enlace generado entre un emisor y un receptor con el fin de recibir y enviar datos.
Dato	Información, atributo de una entidad.
DBPSK	Modulación por Desplazamiento de Fase Binaria Diferencial.
DGPS	Sistema de Posicionamiento Global Diferencial.
DHSS	Espectro Ensanchado por Secuencia Directa.
dispositivo inalámbrico	Dispositivo que no necesita de una conexión física hacia una red.
DQPSK	Modulación por Desplazamiento de Fase Cuadrática Diferencial.
Emisor	Entidad de transmite datos.
espectro electromagnético	Conjunto de longitudes de onda de todas las radiaciones electromagnéticas.
Estándar	Modelo o norma.
Ethernet	Estándar de transmisión de datos para las redes de área local.
FHSS	Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia.
Framework	Estructura de soporte definida, en la cual otro proyecto de software puede ser organizado y desarrollado.
GPRS	Servicio General de Paquetes Vía Radio.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
GSM	Sistema Global para Móviles.
Hardware	Todas las partes tangibles de un sistema informático.
Hotspot	Lugar que ofrece acceso a Internet de forma inalámbrica.
HTC	High Tecn Computer.
HTTP	Protocolo de Transferencia de HiperTexto.

---

IDE	Entorno de Desarrollo Integrado.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
Interfaz	Parte de un programa que permite la interacción entre el usuario y una aplicación.
Interferencia	Fenómeno en el que dos o más ondas se superponen para formar una nueva onda de mayor o menor amplitud.
Internet	Es una red de redes que permite la interconexión de computadoras mediante un conjunto de protocolos.
JIT	Método Justo a Tiempo.
LAN	Red de Área Local.
Mbps	Megabit por segundo.
LBS	Servicios Basados en Localización.
LLC	Control de Enlace Lógico.
MAC	Control de Acceso al Medio.
Micronavegador	Navegador diseñado para equipos móviles y de reducidas dimensiones.
MMS	Servicio de Mensajería Multimedia.
Módem	Dispositivo que sirve para realizar una conexión a Internet u otras redes.
Modulación	Conjunto de técnicas que se utilizan para transportar la información sobre una onda portadora.
Móvil	Equipo que no necesita de cables para conectarse a una red, y que puedes trasladarse sin que afecte (de forma relevante) la comunicación.
navegación turn-by-turn	Característica de algunos dispositivos con navegación GPS, donde las direcciones para una ruta seleccionada continuamente se presentan al usuario en forma de instrucciones habladas y visuales.
NIP	Número de Identificación Personal.
NOS	Sistema de Operación en Red.

---

Navegador Web	Aplicación que opera a través de Internet, interpretando la información de sitios web para que puedan ser leídos por el usuario.
Open Handset Alliance	Alianza comercial de 84 compañías dedicadas a desarrollar estándares abiertos para dispositivos móviles.
pila de protocolos	Son un conjunto de reglas organizadas en capas y en donde cada regla define métodos y normas para ejecutar aplicaciones.
Plataforma	Sistema que sirve como base para funcionar determinados módulos de hardware y software.
QAM	Modulación de amplitud cuadrática.
QWERTY	Son las seis primeras letras de la fila superior de un teclado de computadora estándar.
Receptor	Entidad que recibe y procesa los datos.
Red	Conjunto de equipos informáticos interconectados entre sí, con el fin de la transmisión, recepción y procesamiento de información.
RIM	Research In Motion.
RSS	Potencia de la Señal Recibida.
RSSI	Indicador de la Potencia de la Señal Recibida.
Satélite	En esencia, es un repetidor colocado en órbita, que permite la recepción y transmisión de datos para regiones intercontinentales.
SDK	Kit de Desarrollo de Software.
señal analógica	Es aquella que presenta una variación continua con el tiempo
señal digital	Una señal digital es aquella que presenta una variación discontinua con el tiempo y que sólo puede tomar ciertos valores discretos.
Servidor	Es quien recibe las peticiones del cliente, procesa cada una de ellas y realiza las acciones pertinentes.
Smartphone	Dispositivo de comunicación portátil que integra las funcionalidades de un teléfono celular, asistente personal y otros dispositivos de información.

---

SMS	Servicio de Mensajes Cortos.
Software	Todas las partes intangibles de un sistema informático, es decir, todos los componentes lógicos.
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet.
TDOA	Diferencia en el Tiempo De Llegada.
Tethering	Anclaje de red, es un proceso mediante el cual un dispositivo móvil con conexión a Internet actúa como medio para ofrecer acceso inalámbrico a la red a otros dispositivos.
TOA	Tiempo De Llegada.
Topología	Estructura median la cual se interconectan los equipos informáticos en una red.
Triangulación	Procedimiento empleado en el levantamiento topográfico para determinar la posición de un punto
UMTS	Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.
URL	Localizador de Recursos Uniforme.
Usuario	Es aquel ente el cual utiliza un servicio, o en este caso, una aplicación.
WAP	Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas.
Web	También conocida como World Wide Web (Red informática mundial) es un sistema global de información con elementos accesibles a través de Internet.
Widget	Es un elemento de una interfaz que muestra información con la cual el usuario interactúa.
WLAN	Red de Área Local Inalámbrica.



# Referencias

- [1] C. Azara, et al, *Computación Móvil* [en línea]. Caracas, Venezuela: Mayo 22, 1997. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos5/compumo/compumo.shtml>
- [2] J. M. Aguado, et al, "El proceso de mediatización de la telefonía móvil: de la interacción al consumo cultural", *Revista Zer*, 2006.
- [3] R. Millan, "Servicios móviles", [en línea], *Consultaría estratégica en tecnologías de la información y la comunicación*, pp 63-69, 2004. Revisado el 10 de septiembre de 2012. Disponible en: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/serviciosmoviles.php>
- [4] A. Tanenbaum, *Redes de computadoras*, 4<sup>o</sup> Edición. Países Bajos: Editorial Prentice Hill, 2003.
- [5] Tutorial-Reports, *Introduction to Wireless LAN and IEEE 802.11* [sitio web], 2007. Revisado el 13 de septiembre de 2012. Disponible en: [http://www.tutorial-reports.com/wireless/wlanwifi/introduction\\_wifi.php](http://www.tutorial-reports.com/wireless/wlanwifi/introduction_wifi.php)
- [6] L. E. Martínez, M. Uríos, *Tecnologías de Localización y Posicionamiento para Servicios Basados en Localización (LBS)* [Sitio web], 2006. Revisado el 13 de septiembre de 2012. Disponible en: <http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit154/68-70.pdf>
- [7] J. R. Casar, *Tecnologías y Servicios para la Sociedad de la Información* [en línea]. España: Universidad Politécnica de Madrid, 2005. Disponible en: [http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Organos%20de%20Gobierno/Consejo%20Social/Actividades/tecnologias\\_servicios\\_para\\_sociedad\\_informacion.pdf](http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Organos%20de%20Gobierno/Consejo%20Social/Actividades/tecnologias_servicios_para_sociedad_informacion.pdf)
- [8] A. M. Ladd, et al, *Robotics-Based Location Sensing using Wireless Ethernet* [sitio web]. *Wireless Networks (The Journal of Mobile Communication, Computation and Information)*, 2005. Revisado el 15 de septiembre de 2012. Disponible en: [http://www.kavrakilab.org/robotics/wireless\\_localization.html](http://www.kavrakilab.org/robotics/wireless_localization.html)
- [9] T. Himmelsbach, "A Survey on Today's Smartphone Usage", Tesis universitaria, Universidad Técnica de Berlín (Tecnologías de agentes en aplicaciones de negocio), 2011.
- [10] D. Morley, C. S. Parker, *Understanding Computers: Today and Tomorrow*, 14<sup>o</sup> Edición, Estados Unidos: Comprehensive, 2012.
- [11] J. Niño, *Sistemas operativos monopuesto: Informática y comunicaciones*, España: Editex, 2011.
- [12] "Gartner Says Worldwide Sales of Mobile Phones Declined 2 Percent in First Quarter of 2012; Previous Year-over-Year Decline Occurred in Second Quarter of 2009", Egham, Reino Unido, 16 de Mayo de 2012.
- [13] M. Gargenta, *Learning Android*, Ed. O'Reilly Media, 2010.
- [14] "Android 1.5 Platform Highlights", Android Developers. Abril de 2009. Revisado el 27 de septiembre de 2012.
- [15] "Android 1.6 Platform Highlights", Android Developers. Septiembre de 2009. Revisado el 27 de septiembre de 2012.
- [16] "Android 2.0 Platform Highlights", Android Developers. Octubre de 2009. Revisado el 27 de septiembre de 2012.
- [17] X. Ducrohet, "Android 2.2 and developers goodies", Android Developers [Blog], Google. Revisado el 27 de septiembre de 2012.
- [18] "Android 2.3 Platform Highlights", Android Developers. Diciembre de 2010. Revisado el 27 de septiembre de 2012.
- [19] "Android 3.0 Platform Highlights", Android Developers. Febrero de 2011. Revisado el 27 de septiembre de 2012.
- [20] "Android 4.0 Platform Highlights", Android Developers. Marzo de 2012. Revisado el 27 de septiembre de 2012.

- 
- [21] "Android 4.1 forDevelopers". Revisado el 27 de septiembre de 2012.
- [22] "Top 8 Mobile Operative Systems in Mexico from Oct 2011 to Oct 2012". Revisado el 19 de octubre de 2012. Disponible en: [http://gs.statcounter.com/#mobile\\_os-MX-monthly-201110-201210-bar](http://gs.statcounter.com/#mobile_os-MX-monthly-201110-201210-bar)
- [23] "Dashboards | AndroidDevelopers". Revisado el 19 de octubre de 2012. Disponible en: <http://developer.android.com/about/dashboards/index.html>
- [24] "Aplicaciones de Android en Google Play". Revisado el 20 de octubre de 2012. Disponible en: <https://play.google.com/store?hl=es>
- [25] "Productos y servicios – Cisco Systems". Revisado el 20 de octubre de 2012. Disponible en: <http://www.cisco.com/web/LA/productos/index.html>
- [26] "Android Developers". Revisado el 28 de marzo de 2013. Disponible en: <http://developer.android.com/index.html>
- [27] Alfredo Caicedo Barrero, *Introducción a la Teoría de Grafos*, Primera edición, Editorial Ediciones Elizcom, 2010.
- [28] Alberto García, *Inteligencia artificial: fundamentos, práctica y aplicaciones*, RC Libros, 2012.