



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

*“INFORME DEL EJERCICIO PROFESIONAL COMO
DESARROLLADOR DEL SISTEMA PARA EL RASTREO DE FLOTILLAS
MEDIANTE UN DISPOSITIVO MÓVIL”*

TRABAJO PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN COMPUTACIÓN

PRESENTA:

ANGÉLICA LILIANA ORTEGA HERNÁNDEZ

DIRECTOR DEL TRABAJO PROFESIONAL:

ING. MARÍA DEL ROSARIO BARRAGÁN PAZ

ASESOR:

ING. ELISEO RAFAEL HERNÁNDEZ RIVERO

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a mis padres su apoyo incondicional, porque sin ellos nada en mi vida sería como yo lo conozco, agradezco a mi madre, María Estela Hernández Rodríguez y a mi padre, Santos Ortega Carrillo, por haberme ayudado a tener la fortaleza para seguir adelante en todo momento, a ellos que son los ilustres escultores de mi profesión, ya que sin su apoyo y su dedicación por más de 20 años, no estaría en éste momento a un paso de cumplir una de mis mayores metas en la vida, les doy gracias por su ayuda y comprensión en los momentos difíciles pero sobretodo les agradezco el no dejarme caer nunca por más difíciles que parecieran las circunstancias y les dedico éste trabajo con todo el amor y gratitud que siento por ellos.

Agradezco a mis hermanos Miguel y Alejandro por apoyarme en las múltiples tareas que tuve a lo largo de mi carrera, por su paciencia y amor que me brindan día a día y sobretodo por estar conmigo siempre.

Agradezco a mi hermanita Arianna por todo el amor que me ha dado desde el momento en que nació, por las alegrías y bellos momentos, y principalmente por darme una linda sonrisa en las situaciones adversas.

Le doy gracias a Dios por darme la fortaleza para terminar mi carrera, por llenarme de gente hermosa que me ha acompañado en mi vida y por poner en mi camino a gente maravillosa entre las cuales está mi abuelita Pilar, que en todo momento de mi vida me ha reiterado su apoyo incondicional y me ha dado el amor que sólo una abuela puede dar.

A cada uno de mis amigos, gracias por ayudarme a seguir adelante, por apoyarme en mis travesuras, por estar ahí siempre, gracias por todos los momentos entrañables que siempre quedarán en mi corazón. Podría hacer una lista con los nombres de cada uno de ustedes, pero bien saben lo importante que es cada uno en mi vida, y lo mucho que contribuyeron para que yo lograra cumplir mis objetivos.

Agradezco al Dr. Jorge Carmona por todos los buenos consejos que me dio a lo largo de mi carrera, por ser un médico ejemplar y por ayudarme en todo momento.

A cada uno de mis compañeros de Iusacell, los cuáles me han ayudado a descubrir las bondades de ésta carrera, y a aplicar todo lo que en su momento cada uno de mis profesores me enseñó en las aulas de la maravillosa facultad en la que estudié, gracias por ser mis amigos, confidentes, y mucho más.

A UNICA le doy gracias por abrirme paso en éste difícil campo laboral, por ayudarme a crecer como persona, pero sobretodo por darme la oportunidad de pertenecer a esa hermosa familia, con la que compartí gratos momentos y en donde conocí gente importante en mi vida.

Agradezco de manera especial a mi líder de proyecto la Lic. Janet Rivas Mendoza por el apoyo que me ha brindado desde el momento en que entré a Lusacell hasta el día de hoy, por ser mi amiga y mi jefa , de igual manera agradezco al Ing. Rafael Hernández Rivero por el apoyo que me ha dado para poder titularme mediante la opción de experiencia profesional y por brindarme la oportunidad de trabajar en ésta empresa.

Agradezco infinitamente a aquellas personas que sin ser parte de mi familia me dieron el apoyo que siempre necesité, gracias por el amor, comprensión y confianza que me brindaron.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Capítulo 1 Antecedentes del Proyecto.....	3
Capítulo 2 Definición del Problema.....	12
Capítulo 3 Desarrollo.....	14
Capítulo 4 Análisis y Metodología Empleada.....	51
Capítulo 5 Participación Profesional.....	55
Capítulo 6 Resultados y Aportaciones.....	58
Conclusiones.....	62
Referencias.....	64
Glosario.....	66

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los servicios de geolocalización, son usados en diferentes sectores como localización de vehículos robados, seguimiento de personas, rastreo de mercancía o bien en aplicaciones para saber cómo llegar a un lugar determinado.

Con el auge de éste tipo de aplicaciones surge la necesidad de tener algún dispositivo que sea de fácil manejo y que nos provea de éstos servicios, con ello surgen los teléfonos con tecnología GPS integrada.

En el presente trabajo se abordará el desarrollo de un sistema de rastreo de vehículos, que satisfaga la necesidad de algunas empresas por mantenerse al tanto del lugar en que se encuentra su fuerza operativa, éste sistema se realizó en un teléfono móvil, para su fácil portabilidad y un bajo coste.

Por lo anterior el objetivo de éste trabajo es mostrar el uso eficaz de las técnicas de geolocalización usadas por los teléfonos móviles, enfocadas en una aplicación para el rastreo en tiempo real de flotillas de vehículos. Analizando las mejores opciones para realizar rastreo por tiempo y distancia optimizando costos y recursos.

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Capítulo 1 Antecedentes del Proyecto

El proyecto al que se hará referencia en éste informe fue creado mediante la consultoría **ISCM Soluciones**, para Grupo Iusacell.

Grupo Iusacell es la primera compañía de telefonía móvil en el país que cuenta con tecnología de tercera generación 3G CDMA EVDO con la que los usuarios accesan a una amplia gama de servicios y aplicaciones multimedia, convirtiendo al teléfono celular en un eficiente medio de transmisión de datos y servicios de valor agregado, además de voz. (Véase figura 1.1)



Figura 1.1 Logotipo de Grupo Iusacell.

Grupo Iusacell, S.A. de C.V. (Iusacell, BMV: CEL; LATIBEX: XCEL) es una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones inalámbricas en México que cuenta con 4 millones de usuarios. Es titular y opera concesiones principalmente en las Bandas de 800 MHz y 1.9 GHz, sobre las cuales provee servicios digitales utilizando tecnología CDMA, la tecnología de más alta capacidad disponible para dichas bandas. En 2003 lanzó, la primera red de datos, de voz y alta velocidad CDMA 2000 1XRTT en la Ciudad de México. En 2008 llevó a cabo la implantación de la tecnología EVDO “Revisión A” la cual permite a los usuarios beneficiarse de la transmisión de datos a alta velocidad, de hasta 3.1 megabits por segundo.

Además cuenta con diversas aplicaciones que explotan la tecnología de ubicación desde los móviles tales como Ubicacel Empresarial, Copiloto Ubicacel, Ubicacel Familiar entre otras.

A continuación se presenta una reseña de algunas de las aplicaciones antes mencionadas:

Ubicacel Empresarial:

Es un servicio de localización que te permite conocer la ubicación geográfica de los dispositivos celulares Iusacell. Ayuda a tener el control total de las personas que se encuentran trabajando en campo. Es la solución más efectiva para localizar a un equipo de trabajo con exactitud en todo momento, para el control y administración, aprovechando al máximo los recursos en movimiento. (Véase figura 1.2).



Figura 1.2 Logotipo Ubicacel Empresarial.

Ubicacel Familiar:

Es un servicio de localización que permite conocer la ubicación geográfica de dispositivos lusacel y ayudarnos a saber dónde están nuestros familiares o amigos con exactitud en todo momento. (Véase Figura 1.3).



Figura 1.3 Ubicacel Familiar

Al referirnos a “servicio de localización” nos remontamos a la necesidad del hombre por conocer con exactitud su posición la cual hasta hace algunos años era una herramienta con fines bélicos y hoy en día es algo que usamos desde la comodidad de nuestro automóvil para llegar sin ningún problema a algún lugar, está al alcance de nuestras manos para conocer dónde se encuentran nuestros hijos, o bien para saber dónde se encuentra nuestro vehículo en caso de robo. Para entender éste tipo de tecnología necesitamos conocer algunos conceptos que se explicarán a continuación.

Al hablar de posicionamiento global nos referimos inmediatamente a las siglas GPS, pero, ¿qué significan éstas?, las siglas GPS corresponden a **Global Position System** o en español **Sistema de Posicionamiento Global**, es un *GNSS* (Sistema Global de Navegación por Satélite), el cual nos permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto determinado, un vehículo o incluso una persona, con una precisión hasta de pocos metros, dependiendo el dispositivo que se utilice. (Véase figura 1.4).

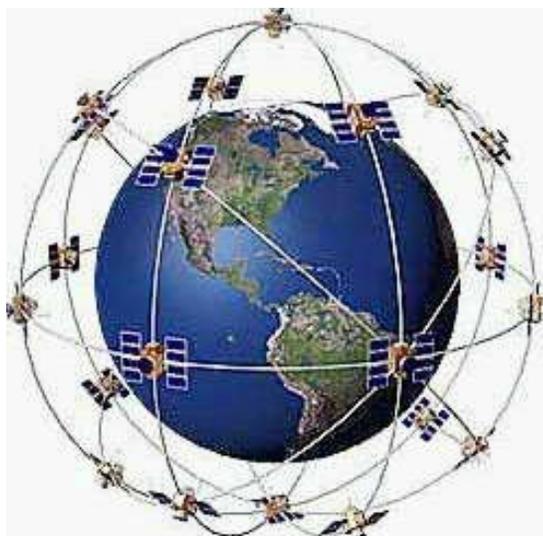


Figura 1.4 Satélites que conforman GPS.

Orígenes del GPS

El sistema de “GPS” nace en 1973 y queda oficialmente declarado como funcional en 1995. Es un sistema que inicialmente se desarrolló con enfoque de estrategia bélica pero a través de los años el gobierno de Estados Unidos decidió permitir el uso al público en general con ciertas limitaciones de exactitud.

GPS es una herramienta de trabajo utilizada en la actualidad por muchos otros sistemas, por ejemplo es utilizado en aeronaves, para guiarse en el espacio, por los geólogos para la medición de movimientos telúricos, por ingenieros y guardia civil para monitoreo de monumentos o estructuras como puentes colgantes y evidentemente por la fuerza militar y secreta de los Estados Unidos de América.

A continuación se presenta una breve cronología de la historia del GPS, en la tabla 1.1:

Fecha	Acontecimiento
1920's	Orígenes de la radionavegación. Principios de la II Guerra Mundial – LORAN, el primer sistema de navegación basado en la llegada diferenciada de señales de radio desarrollado por el laboratorio de Radiación de MIT. LORAN fue también el primer sistema de posicionamiento capaz de funcionar bajo cualquier condición climatológica pero es solamente bidimensional (latitud y longitud).
1959	TRANSIT, el primer sistema operacional basado en satélites, fue desarrollado por Johns Hopkins (Laboratorio de Física Aplicada) bajo el Dr. Richard Kirschner. A pesar

Capítulo 1 Antecedentes del Proyecto

	de que la intención de TRANSIT era dar soporte a la flotilla de la marina de Estados Unidos, las tecnologías empleadas para el sistema demostraron ser útiles para el sistema de posicionamiento global (GPS). El primer satélite fue lanzado en 1959.
1960	El primer sistema de posicionamiento de tres dimensiones es sugerido por Raytheon Corporation en necesidad de la fuerza aérea
1963	La compañía aeroespacial lanzó un estudio en la utilización de un sistema espacial para el sistema de navegación para los vehículos en movimiento a gran velocidad y tres dimensiones; esto los llevó directamente al concepto de GPS. El concepto involucraba medir los tiempos de llegada de las señales de radio transmitidas por los satélites cuyas posiciones eran bien conocidas. Esto proporcionaba la distancia al satélite cuya posición era conocida que a la vez establecía la posición del usuario.
1963	La fuerza aérea da apoyo a este estudio bautizándolo Sistema 621B.
1964	Timation, un sistema satelital, Naval es desarrollado por Roger Easton en los laboratorios de investigación Naval para el desarrollo de relojes de alta estabilidad, capacidad de transferencia de tiempo y navegación en dos dimensiones.
1968	El departamento de defensa de los Estados Unidos establece un comité llamado NAVSEG (Navigation Satellite Executive Comité) para coordinar los esfuerzos de diversos grupos de navegación satelital.
1971	El sistema 621B es probado por la fuerza aérea dando resultados de una precisión de centésimas de milla.
1973	El secretario de la defensa decide que los diferentes sistemas de navegación que se estaban creando, se unificaran y crearon un solo y robusto sistema de navegación.
1974	Junio. Rockwell international fue contratado como proveedor de los satélites GPS.
1974	Julio 14. El primer satélite de NAVSTAR fue lanzado
1978	El primer block de satélites fue lanzado. Un total de 11 satélites fueron lanzados entre 1978 y 1985. Un satélite fue perdido debido a una falla de lanzamiento.
1982	DoD decide reducir la constelación de satélites de 24 a 18.
1983	Después de la caída de una Unión Soviética, el gobierno de Estados Unidos informa que el sistema GPS podrá ser utilizado por las aeronaves civiles.
1988	El secretario de las Fuerzas Aéreas anuncia la expansión de la constelación de GPS de 18 a 21 satélites y tres repuestos.
1989	El primero del un block de 28 satélites es lanzado en Cabo Cañaveral, Florida
1990	Dod Activa SA – una degradación en la exactitud del Sistema de forma planeada. El sistema es probado en la guerra del Pérsico.

Capítulo 1 Antecedentes del Proyecto

1991	El gobierno ofrece el sistema de GPS a la comunidad internacional sin costo durante los siguientes 10 años.
1993	El gobierno declara el sistema formalmente funcionado con sus 24 satélites en órbita.
1995	El gobierno de Estados Unidos, Bill Clinton se compromete mediante una carta a la ICAO a proveer las señales de GPS a la comunidad internacional

Tabla 1.1 Cronología de la historia del GPS

Funcionamiento del GPS

Funciona mediante una **red de 27 satélites** (24 operativos y 3 de respaldo), en órbita sobre el globo a 20.200 km con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. (Véase figura 1.5).



Figura 1.5 Funcionamiento del GPS

El sistema GPS funciona en cinco pasos lógicos:

- ⊖ Triangulación,
- ⊖ Medición de distancia,
- ⊖ Tiempo,
- ⊖ Posición y
- ⊖ Corrección.

Triangulación

Nuestra posición se calcula con base a la medición de las distancias a los satélites matemáticamente se necesitan cuatro mediciones de distancia a los satélites para determinar la posición exacta. En la práctica se resuelve nuestra posición con solo tres mediciones si podemos descartar respuestas ridículas o utilizamos ciertos trucos. Se requiere de todos modos una cuarta medición por razones técnicas.

Capítulo 1 Antecedentes del Proyecto

Midiendo la distancia

La distancia al satélite se determina midiendo el tiempo que tarda una señal de radio, emitida por el mismo, en alcanzar nuestro receptor de GPS. Para efectuar dicha medición asumimos que ambos, nuestro receptor GPS y el satélite, están generando el mismo Código Pseudo Aleatorio en exactamente el mismo momento. Comparando cuanto retardo existe entre la llegada del Código Pseudo Aleatorio proveniente del satélite y la generación del código de nuestro receptor de GPS, podemos determinar cuánto tiempo le llevó a dicha señal llegar hasta nosotros. Multiplicamos dicho tiempo de viaje por la velocidad de la luz y obtenemos la distancia al satélite.

Tiempo

Obtener un tiempo perfecto, un tiempo muy preciso es clave para medir la distancia a los satélites. Los satélites son exactos porque llevan un reloj atómico a bordo. Los relojes de los receptores GPS no necesitan ser tan exactos porque la medición de un rango a un satélite adicional permite corregir los errores de medición.

Posicionamiento de los Satélites

Para utilizar los satélites como puntos de referencia debemos conocer exactamente donde están en cada momento. Los satélites de GPS se ubican a tal altura que sus órbitas son muy predecibles. El Departamento de Defensa controla y mide variaciones menores en sus órbitas. La información sobre errores es enviada a los satélites para que estos a su vez retransmitan su posición corregida junto con sus señales de tiempo.

Corrección de Errores

La ionosfera y la troposfera causan demoras en la señal de GPS que se traducen en errores de posicionamiento. Algunos errores se pueden corregir mediante modelación y correcciones matemáticas. La configuración de los satélites en el cielo puede magnificar otros errores. El GPS Diferencial puede eliminar casi todos los errores.

De una manera básica podemos decir que el funcionamiento del GPS es el siguiente:

- a.** Triangulación. La base del GPS es la "triangulación" desde los satélites
- b.** Distancias. Para "triangular", el receptor de GPS mide distancias utilizando el tiempo de viaje de señales de radio.
- c.** Tiempo. Para medir el tiempo de viaje de estas señales, el GPS necesita un control muy estricto del tiempo y lo logra con ciertos trucos.
- d.** Posición. Además de la distancia, el GPS necesita conocer exactamente donde se encuentran los satélites en el espacio. Órbitas de mucha altura y cuidadoso monitoreo, le permiten hacerlo.

Capítulo 1 Antecedentes del Proyecto

e. Corrección. Finalmente el GPS debe corregir cualquier demora en el tiempo de viaje de la señal que esta pueda sufrir mientras atraviesa la atmósfera.

Algunas aplicaciones

El GPS, sistema de localización global por satélites surgió con fines bélicos. Algunos de los satélites que rodean la Tierra pueden detectar con precisión la presencia de ejércitos o de armamento en diferentes regiones del globo.

De la misma manera como esos sistemas son capaces de detectar movimientos con fines bélicos, también es posible utilizarlos para la supervisión de movimientos naturales de la Tierra, el tránsito en una ciudad o las oscilaciones de estructuras arquitectónicas como puentes colgantes y estatuas.

Otros ejemplos de su utilización son: la detección de la dilatación de magma de un volcán, la observación de los movimientos de un iceberg, determinar las finas vibraciones terrestres y, en fin, cualquier fenómeno natural o creado por el hombre que presente algún movimiento, por más imperceptible que parezca.

La vigilancia se realiza por medio de receptores los cuales reciben una señal fija de un satélite. Cuando hay modificaciones, inmediatamente se detecta la anomalía. De esta manera, el puente colgante más largo del mundo, el Tsing Ma de Hong Kong, es estrechamente vigilado día y noche. Las señales de estos receptores se concentran en una computadora central la cual tiene la información general de los movimientos, está siendo capaz de advertir el riesgo en caso de que existiese.

Asimismo, el GPS puede servir para comprender mejor los cambios físicos que ocurren en nuestro planeta. Por ejemplo, los movimientos en las profundas aguas de los océanos, el monitoreo de el estatus de la actividad volcánica en ciertas regiones.

Algunos otros usos no militares es la detección de los movimientos bajo la tierra también los investigadores del Instituto de Mediciones Geográficas de Japón han recogido una serie de datos con Geonet, una red de más de mil sensores GPS que cubre las zonas rurales del país, para con esto tratar de predecir el comportamiento de las capas subterráneas y por ende predecir cuándo sucederá un sismo.

Es empleado en la navegación marítima, terrestre y aérea. Donde el caso particular de la navegación aérea es en la actualidad muy dependiente de estos sistemas para su funcionamiento. En el caso de los marítimos, antes las embarcaciones empleaban el sistema TRANSIT.

Se piensa que en poco tiempo toda la navegación marítima se basará en GPS. Actualmente también se emplean sistemas hiperbólicos, pero estos sistemas tienden a desaparecer.

Capítulo 1 Antecedentes del Proyecto

También empieza a surgir en las calles de América, donde los carros tienen integrado sistemas de GPS y con esto es prácticamente imposible perderse.

De estas y muchas formas más un sistema que surgió bajo necesidades bélicas puede ser utilizado para propósitos benéficos para la humanidad.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Capítulo 2. Definición del Problema

Se requiere la creación de un sistema de rastreo de flotillas de vehículos el cual optimice los modos de geolocalización con los que cuentan los teléfonos, principalmente se quiere que la aplicación no realice un gran número de ubicaciones con la red de Iusacell o también conocidas como asistidas, para evitar la saturación de la misma y el alto coste que implican éstas, se pide que las ubicaciones se realicen cuando menos cada 30 segundos o 1 minuto, tiempo a considerar dependiendo el tipo de teléfono móvil que se use.

La aplicación tendrá que reportarse a un portal Web en el cual se mostrará la ruta que ha seguido cada uno de nuestros vehículos ya sea por tiempo, por distancia o por ambos.

Los tipos de reportes se mencionan a continuación:

- *Por distancia*: el vehículo debe estar monitoreando para que en el momento de que exceda una distancia definida desde el portal, sea cuando se vea reflejado en el portal Web.
- *Por tiempo*: el vehículo se reportará en un periodo determinado por el usuario, el cual es definido como mínimo de 5 minutos.
- ⊕ *Por tiempo y distancia*: éste tipo de reporte se hará mediante la primera de las condiciones que se cumpla ya sea por distancia o por tiempo, teniendo como mínimos un tiempo de 10 minutos y una distancia de 200 metros.

Asimismo se requiere que el teléfono al momento de reportarse envíe los siguientes datos:

- ⊕ Rumbo, para conocer la orientación exacta que tiene el vehículo.
- ⊕ Hora GMT, para conocer la hora central, para poder revisar los rastreos en cualquier parte del mundo.
- ⊕ Velocidad, para conocer la velocidad que lleva el vehículo en el punto de medición.
- ⊕ Hora Local, para conocer la hora del lugar donde fue tomada la muestra.
- ⊕ Tipo de Fix ,para saber el número de posiciones que están utilizando recursos como el PDE.
- ⊕ Número de intentos de envío, para saber la latencia de la red, entre otros.

Como otros requerimientos se tienen:

Considerar la falta de cobertura de la red al enviar los reportes, en caso de no poderse enviar, se hará un respaldo de 150 mediciones, las cuáles serán enviadas de manera consecutiva al recuperar la señal el equipo.

3. DESARROLLO

Antes de iniciar el desarrollo de los requerimientos se hará una breve referencia acerca de las tecnologías de geolocalización usados por los teléfonos móviles.

Para poder entender el porqué de la generación de técnicas de geolocalización basta mencionar que son diversas las causas de la generación de sistemas de posicionamiento, como ejemplo tenemos el caso de EEUU en donde éstas tecnologías cobraron especial interés a raíz de un mandato legislativo promulgado por la Comisión Federal de Comunicaciones (Federal Communications Commission, FCC), la cual decidió que en diciembre de 2005 las operadoras de telefonía tendrían que ser capaces de localizar automáticamente a cualquier persona que efectuara una llamada de emergencia con una precisión de 50 a 100 metros.

Los operadores de telefonía móvil han introducido servicios basados en el posicionamiento con ánimo de diferenciarse de sus competidores, reducir costes e incrementar sus ingresos. En España, la penetración de la telefonía móvil se tasa en un 80,1% de la población (CMT, 2002), lo que indica que la saturación del mercado es casi una realidad, y no sólo en España sino a nivel mundial, por ejemplo en México se tenía a finales del año 2008 una cantidad de *80 millones de suscriptores de telefonía móvil*, casi 11 millones de clientes más que en 2007, y se estima que en el año 2009 (en curso) dicho número ascienda en 10 millones según estimaciones de Merrill Lynch,.

En este marco donde la diferenciación por servicios es primordial, las aplicaciones de localización generarán una gran parte de los ingresos de las operadoras. Según Gartner, empresa especializada en investigación de mercado, en Estados Unidos el número de usuarios de servicios basados en localización creció de 150.000 usuarios en 2002 a 42 millones en 2005, lo que indica que la facturación pasó de 6 millones de dólares en 2002 a más de 828 millones en 2005. The Strategis Group Europe, por su parte, estima que los servicios de localización generaron más de 30 billones de euros en 2004.

Para ofrecer estos servicios existen en la actualidad varias técnicas que permiten conocer la posición de un dispositivo móvil. La precisión, el coste y la dificultad de implementación son parámetros que se deben tomar en cuenta antes de decidir proveer éstos servicios.

La posibilidad de localización de un dispositivo móvil ya ha dado lugar a numerosos servicios de información, rastreo, selección de rutas, gestión y administración de personal.

Básicamente existen cuatro tipos de servicios de localización móvil:

- ⊕ *Servicios por activación automática (Trigger Services):* se inician cuando el usuario entra en un área determinada. Son adecuados para aplicaciones publicitarias o de facturación.

- ⊖ *Servicios de información basados en la posición (Location-based Information Services)*: el usuario del servicio demanda información de algún tipo, que varía según su posición. Esta clase de servicios son los que ofertan actualmente las operadoras de telefonía móvil. Muchos de ellos permiten encontrar establecimientos cercanos al demandante de información.
- ⊖ *Servicios de seguimiento por terceros (Third Part Tracking Services)*: contemplan tanto aplicaciones corporativas como de consumidor, donde la información de la localización es requerida por un tercero. Se pueden utilizar para gestión de flotas, búsqueda de personas, información bursátil, asesoramiento rápido, entre otros.
- *Servicios de asistencia al usuario final (End User Assistance Services)*: están diseñados para proveer al usuario de unas condiciones de red segura si éste se encuentra en dificultades. Servicios de asistencia en carretera u otros servicios de emergencia están dentro de este grupo.

A continuación se describirán brevemente algunos procesos de localización sobre redes de telefonía celular y satelitales.

3.1 Métodos de Localización en Interiores

Comenzaremos por entender que no es lo mismo determinar la posición de un barco en alta mar que encontrar un artículo en un almacén, o una persona en una ciudad, las tecnologías que se emplean para posicionar un terminal o dispositivo objetivo utilizan métodos comunes de localización. Por lo general, los métodos de localización existentes se basan en los conceptos de identificación por celda, ángulo de llegada, potencia de señal recibida, y tiempo de propagación (en este último caso, hay una gran cantidad de variantes). Además, estos métodos son combinables entre sí, dando lugar a técnicas híbridas que mejoran la precisión o relajan los requerimientos de infraestructura. Algunos de los métodos de localización son aptos para telefonía móvil, otros se utilizan mayormente en sistemas de área local.

3.1.1 Método de identificación por celda

En el método de localización por celda (*Cell Global Identity, Cell Identification*) o por punto de acceso (en el caso de WLAN o similar), la posición se obtiene directamente en función de la identidad de la celda o punto de acceso que da cobertura al área en el que se encuentra el terminal móvil. Es el método más inmediato, pues está disponible sin realizar ninguna inversión ni modificación en red o terminal. La precisión de este método depende del radio de la celda; en redes de telefonía móvil ésta puede variar desde decenas de metros en áreas urbanas hasta varios kilómetros en áreas rurales.

La identificación por celda es el sistema de localización más utilizado por los operadores de telefonía móvil GSM, pues es suficiente para ofrecer al usuario cierto tipo de servicios en entornos urbanos, con penetración en el mercado inmediata del 100%, puesto que la información de celda está disponible en la red de acceso. En redes de tercera generación se pretenden emplear otros mecanismos más precisos, como se verá próximamente (A-GPS, OTDOA).

3.1.2 Método de ángulo de llegada

Angle of Arrival, (AOA) o Direction of Arrival, (DOA). El método de ángulo de llegada utiliza arreglos de antenas para determinar el ángulo de la señal incidente. Si un terminal que transmite una señal está en la línea de visión directa (LOS, *Line Of Sight*), la antena en arreglo puede conocer de qué dirección viene la señal, midiendo la diferencia de fase a través del arreglo o la densidad espectral de potencia (mediante algoritmos de conformación digital de haz, "*digital beamforming*"). Para conocer la posición del dispositivo es necesaria al menos una segunda estimación del ángulo procedente de otra antena. La segunda antena localizará al terminal, y sus datos se compararán los de la primera estación, para después calcular la posición del usuario mediante trigonometría (Véase figura 3.1).

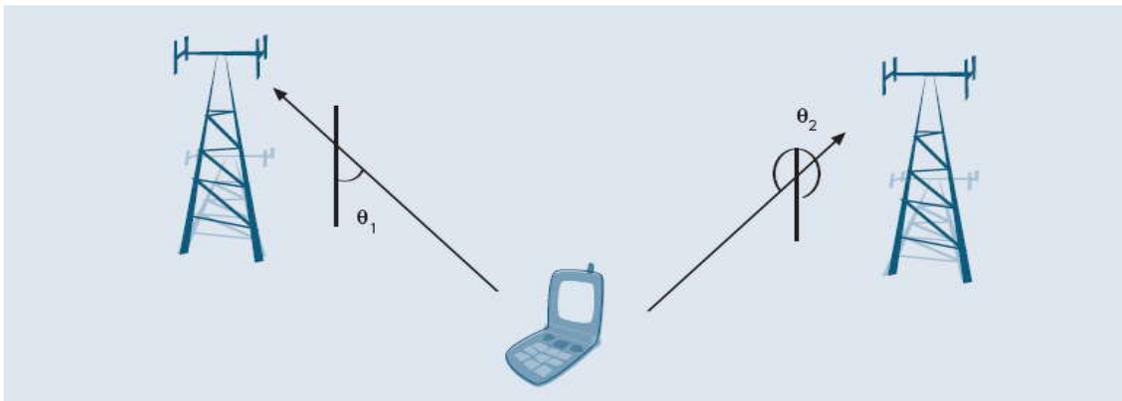


Figura 3.1. Sistema de localización por ángulo de llegada.

En principio, sólo son necesarios dos grupos de antenas para estimar la posición del terminal móvil. Por este motivo, en el caso de la telefonía móvil, AOA puede resultar efectivo en entornos rurales, donde es complicado disponer de visión de tres estaciones base al mismo tiempo. En entornos urbanos suele ser imprescindible emplear más estaciones con el fin de obtener mayor precisión.

Los sistemas AOA deben diseñarse para tener en cuenta señales multitrayecto, aquéllas que son consecuencia de una reflexión, y que, por tanto, llegan a la antena con otro ángulo. Además, las peculiaridades del diagrama de radiación de la antena y las posibles zonas de sombra pueden complicar el proceso de medida. Por otra parte,

la instalación y alineación de las antenas en array es un proceso costoso; una leve modificación en su orientación puede producir errores considerables en la estimación.

3.1.3 Método basado en la potencia de la señal recibida

Este método (*Received Signal Strength, RSS*) se basa en la pérdida de potencia que la señal sufre debido al medio de propagación, en el caso de espacio libre, la potencia de la señal decae con el cuadrado de la distancia al punto de emisión. En su versión más sencilla, el método utiliza una medida (*Received Signal Strength Indicator, RSSI*), que recoge la potencia con la que llega la señal procedente del dispositivo móvil que se desea localizar a la estación receptora (BTS, punto de acceso...). Obviamente, mediante la 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 tres estaciones, con el fin de triangular a partir de los datos obtenidos.

La triangulación circular consiste en determinar la posición de un objeto a partir de la intersección de al menos tres circunferencias centradas en cada posición fija conocida (en este caso, estaciones o puntos de acceso), cuyo radio ha de guardar relación con el parámetro medido (en este caso, potencia recibida). La precisión de la triangulación está ligada a la precisión de cada una de las medidas realizadas. Las medidas pueden estar distorsionadas debido a la orientación de las antenas, al multitrayecto, a la atenuación por presencia de obstáculos.

Además, cuanto más alejado está el objeto que se desea localizar, mayor suele ser el error que se comete al efectuar la medida de la potencia.

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. A menudo se necesita hardware adicional, como en el caso de los *monitores de radiofrecuencia* en redes WLAN, o la creación de mapas de potencia (huellas):

- ⊕ *Monitores de radiofrecuencia*: para un punto de acceso es una tarea trivial conocer el nivel de potencia recibida de un dispositivo móvil en su zona de cobertura. Sin embargo, si el punto de acceso a realizar medidas en celdas adyacentes (como es necesario para implementar algunas técnicas de localización), durante el proceso puede generar errores en aplicaciones de tiempo real: el punto de acceso ha de interrumpir el servicio en su celda, cambiar de canal, escuchar, medir la potencia y volver al canal de origen. Para

evitar esta situación, algunos fabricantes han optado por emplear monitores de potencia dedicados exclusivamente a escuchar las señales, de tal forma que descarguen a los puntos de acceso de tener que conmutar de canal. Obviamente, el sistema supone un aumento de costes en hardware.

- ⊕ *Creación de huellas de potencia.* La huella de potencia se obtiene recorriendo el emplazamiento en el que se desea localizar, y grabando las medidas de potencia en puntos definidos de una retícula (*grid*) que se superpone al espacio físico. Se construye de esta forma una base de datos con las medidas en posiciones concretas. El sistema puede mejorar notablemente la precisión de la localización, pero también la encarece y, en caso de que se produzcan variaciones en la red o en el entorno, requiere repetir el proceso.

3.1.4 Métodos basados en tiempo

Se revisan en este punto diversos métodos de localización basados en cálculos sobre parámetros de tiempo. Estos métodos se emplean sobre todo en redes de telefonía móvil o de posicionamiento vía satélite, debido a las mayores áreas de cobertura y distancias que manejan, aunque en general los conceptos son trasladables al ámbito de las redes locales inalámbricas, en las que es relativamente frecuente llevar a cabo la localización utilizando, por ejemplo, TOA (*Time of Arrival*) o TDOA (*Time Difference of Arrival*).

3.1.5 Método basado en el tiempo de llegada

La técnica basada en el tiempo de llegada (*Time of Arrival*, TOA) utiliza la medida del tiempo de llegada de una señal transmitida por un terminal móvil a diferentes estaciones fijas, o viceversa. Para obtener una precisión aceptable mediante TOA, es necesario efectuar medidas de los tiempos al menos respecto a tres estaciones fijas. Posteriormente, dichas medidas se transmiten a un centro de localización o similar, en el que conocidos los tiempos de vuelo de las señales, se lleva a cabo un proceso de triangulación circular, con centro en las estaciones fijas se trazan circunferencias que idealmente intersecan en el punto de localización. Además, se corrigen los errores utilizando métodos matemáticos, vgr. mínimos cuadrados.

Para que este sistema obtenga unos buenos resultados es necesaria una absoluta sincronización entre unidades móviles y fijas. El hecho de tener que distribuir y mantener en la unidad móvil la señal de reloj encarece el sistema, por lo que se suele relajar la sincronización con el consecuente deterioro de la precisión. El requisito de sincronización puede aliviarse si se emplea una medida del tiempo de ida y vuelta de la señal emitida (*round-trip-time-of-flight*). De esta forma, la unidad de medida actúa

al modo de un radar secundario: un transpondedor responde a la señal de interrogación del radar. Un problema de este sistema es que es necesario conocer el tiempo de procesado de la señal en el terminal (Vossiek, 2003).

3.1.6 Método basado en la diferencia en el tiempo de llegada

La técnica basada en la diferencia en el tiempo de llegada (*Time Difference of Arrival*, TDOA) emplea la diferencia entre los tiempos de llegada de la señal procedente del terminal móvil a distintos pares de estaciones fijas para calcular la posición (o el tiempo de llegada de la señal emitida por las estaciones fijas al dispositivo móvil, en el caso de que la localización esté asistida por terminal). Puesto que la curva cuyos puntos satisfacen la condición de que su distancia a dos referencias es una constante es una hipérbola (Véase figura 3.2), si se calcula esta correlación para varios pares de estaciones, la intersección de las hipérbolas resultantes muestra el punto donde se encuentra el terminal móvil (triangulación circular).

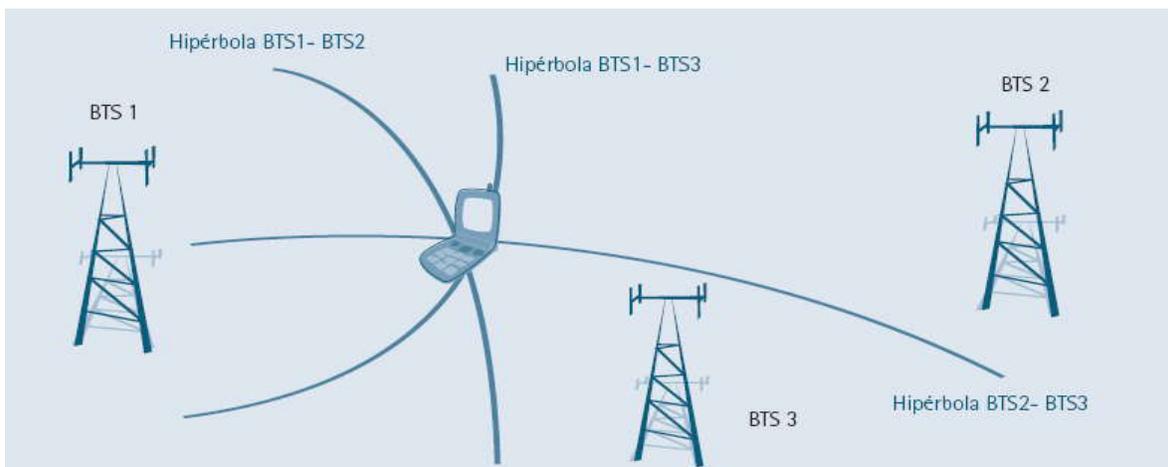


Figura 3.2. Sistema de localización TDOA en redes de telefonía móvil.

Al igual que en TOA, la sincronización entre estaciones es muy importante, la falta de sincronía se traduce en errores de precisión. La principal ventaja de esta técnica es que elimina la necesidad de sincronización.

3.2 Métodos de localización en exteriores

Quizás la tecnología de localización más convencional aplicable a áreas extensas sea el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Los terminales que lo soportan han bajado de precio significativamente en los últimos años, por lo que su uso se ha desarrollado de forma

rápida, y a día de hoy se comienza a integrar en teléfonos móviles y otros dispositivos inalámbricos para apoyar la oferta de servicios de localización.

3.2.1 El Sistema de Posicionamiento Global

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) permite fijar la posición de una unidad móvil próxima a la superficie terrestre mediante los datos recibidos de al menos tres de los satélites que rodean la Tierra en órbitas conocidas.

En la actualidad, existe una única constelación de satélites que permite realizar este proceso: la NAVSTAR (*Navigation Satellite Timing and Ranging*), formada por 24 satélites activos más cuatro de reserva, y mantenida por el gobierno estadounidense.

La Federación Rusa posee la constelación Glonass (*Global Orbiting Navigation Satellite System*), que totalmente desplegada constaría de 24 satélites en tres planos orbitales, con 8 satélites por plano, aunque muchos de ellos no están operativos. Por otra parte, la Agencia Espacial Europea esperaba tener disponible el proyecto Galileo en el año 2008, sin embargo la fecha de entrega ha sido emplazada al 2011 y se tiene temor de que se llegue hasta el 2014 como año de entrega; esta iniciativa civil, compatible con NAVSTAR/GPS y que ha nacido con vocación comercial, proporcionará servicio gratuito de posición (latitud, longitud y altitud) con error inferior de cinco metros, mejorable en su versión de pago.

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 procesado de señales.

El fundamento de la localización con GPS es la triangulación, entendida como el cálculo de la distancia de un punto terrestre a tres o más satélites con posición perfectamente conocida (como mínimo un terminal GPS necesita recibir la señal de cuatro satélites simultáneamente para calcular la posición en tres dimensiones). Los satélites están sincronizados respecto a la señal de un reloj atómico. Con el fin de recibir las señales de los satélites GPS, la estación móvil ha de tener un módulo receptor específico (hardware y software) que sea capaz de captar señales de varios satélites, calcular su posición utilizando una marca de tiempo y la descripción del satélite recibida, y en su caso, informar a la red. 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.

A pesar de la buena precisión que ofrece (de 5 a 20 metros), GPS tiene el inconveniente de que la señal de satélite en ciudad se ve atenuada por los edificios. El receptor necesita una línea de vista directa a los satélites, y puede sufrir, además, un retraso relativamente largo en la recepción de las señales. La precisión es mejorada (consiguiendo un error de 2 a 5 metros)

si se emplea GPS diferencial (DGPS). 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. El concepto de GPS diferencial se extiende al sistema GPS apto para telefonía móvil celular, conocido como GPS asistido.

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. Una solución peculiar es la que concebida para posicionar un terminal mediante GPS y las señales de sincronización de televisión, empleando la infraestructura de TV desplegada. Según sus desarrolladores, GPS opera eficientemente en áreas rurales, mientras que la tecnología de posicionamiento mediante TV resulta “eficaz” en emplazamientos urbanos (las señales de TV están concentradas en estas áreas y pueden penetrar fácilmente en los edificios), por lo que la sinergia entre los dos sistemas da lugar a una solución integrada que unifica las técnicas de localización.

Las señales que se emplean para determinar la posición mediante el sistema de TV son de alta potencia y gran ancho de banda, y están transmitidas por estaciones de televisión analógica o digital. Los resultados obtenidos dependen de factores como la cobertura de las estaciones de televisión, los diferentes niveles de atenuación y el multirayecto sufrido por la señal.

3.2.2 Localización en redes de telefonía móvil

Todos los métodos que se han descrito en el *apartado 5.2* se pueden implementar o adaptar a redes de telefonía móvil celular. Algunos son directamente configurables, otros necesitan que se efectúen modificaciones en la red o también requieren ampliación de funcionalidades en el terminal de usuario.

La información sobre localización siempre ha estado presente en redes celulares GSM, ya que es necesaria para el establecimiento y mantenimiento de una comunicación (el sistema necesita saber en qué célula se encuentra el terminal), pero inicialmente no era accesible fuera de los nodos de red; en la actualidad, se han introducido los elementos necesarios para que sí lo sea. Por otra parte, en UMTS es ya un elemento integrante de la red de acceso radio, y el núcleo de red incluye todo lo necesario para que se pueda conocer la posición tanto interna como externamente, a pesar de que existen algunos inconvenientes.

Las operadoras de telefonía móvil suelen utilizar una combinación o variación de uno o más sistemas de localización, dependiendo de la aplicación que se prevea ofertar. De esta manera, las técnicas más populares quedan agrupadas como se muestra a continuación.

⊕ Técnicas basadas en la identidad celular:

- Identidad Celular Global (*Cell Global Identity, CGI*),
- Identidad Celular Perfeccionada (*Enhanced Cell-ID, TA*).

⊕ Técnicas basadas en red:

- Ángulo de llegada (*Angle of Arrival, AOA*),
- Tiempo de llegada (*Time of Arrival, TOA*),
- Diferencia en el tiempo de llegada (*Time Difference of Arrival, TDOA*)
- Huella multitrayecto (*Multipath Fingerprint, MF*)

⊕ Técnicas basadas en terminal móvil:

- Diferencia en el tiempo de llegada con terminal modificado (*TOA*),
- Diferencia en el tiempo de llegada perfeccionada (*Enhanced Observed Time Difference, E-OTD o TDOA con terminal modificado*)
- Triangulación avanzada de enlace hacia delante (*Advanced Forward Link Trilateration, A-FLT*),
- Sistema de Posicionamiento Global (*Global Positioning System, GPS*)
- Sistema de Posicionamiento Global Avanzado (*Advanced Global Positioning System, A-GPS*)

⊕ Técnicas híbridas:

- TDOA y RSS
- TDOA y AOA
- A-FLT y A-GPS
- E-OTD y A-GPS

Las operadoras de telefonía móvil en Europa están ofreciendo servicios basados en localización mayoritariamente mediante técnicas de identificación celular (*Cell-ID* o *Enhanced Cell-ID*). EOTD no parece tener por el momento mucha aceptación, y A-GPS puede conseguirla si los terminales bajan de precio (A-GPS se está utilizando en Japón para servicios comerciales y de emergencias). TOA y AOA también se emplean en el GSM europeo (Djuknic, 2002). En EEUU se maneja A-GPS, A-FLT y O-TDOA para CDMA, y E-OTD, TOA, AOA y A-GPS para GSM, con el fin de cumplir con la regulación de la FCC E-911.

3.2.3 Técnicas basadas en la identidad celular

La identificación por celda es el sistema que en la actualidad más emplean las operadoras de telefonía móvil. Para aumentar las prestaciones de la técnica, existe un método mejorado basado en identificación celular (*Enhanced Cell-ID*), que sirve para ubicar todo tipo de dispositivos móviles en redes GSM, GPRS, UMTS y CDMA. Este método utiliza el parámetro de avance temporal (*timing advance – TA*).

El parámetro de avance temporal habitualmente se emplea para alinear la recepción de las tramas con el fin de evitar colisiones en las estaciones base (BTS). El parámetro es una señal

estimada por la BTS cuando el terminal accede por el canal de control de acceso aleatorio (*Random Access Channel – RACH*). Está formado por 6 bits, por lo que permite compensar un retardo de hasta unos 233 μ s, proporcionando un rango de medidas de 35 kilómetros.

Mediante el parámetro TA se indica al terminal móvil el tiempo de antelación respecto al reloj de trama con que el que debe realizar la transmisión. El terminal inicia entonces su transmisión en el instante $T_0 - TA$, siendo T_0 el instante básico teórico. La medición se lleva a cabo observando el retardo de acceso entre el principio de un intervalo de tiempo y la llegada de las ráfagas del terminal móvil. El centro del servicio de localización de móviles (*Serving Mobile Location Center – SMLC*) calcula la posición a partir de la celda en la que se encuentra el terminal móvil, y del parámetro TA.

3.2.4 Técnicas basadas en red

TOA (Time of Arrival) y TDOA (Time Difference of Arrival)

TOA es un método que es costoso en su implementación en redes móviles, porque requiere el despliegue de numerosas unidades de medida (LMUs), que actúan como si fueran móviles ficticios. Por otra parte, la técnica TDOA se implementa en redes de telefonía móvil como se ha descrito en el *apartado 2*, teniendo en cuenta que en entornos en los que se puede producir multitrayecto (áreas urbanas), a veces es necesario efectuar las medidas respecto a cuatro BTS para compensar los efectos de las reflexiones. El SMLC gestiona las peticiones de localización, y en función de la precisión indica las unidades de medida que deben ser incluidas en la localización. En entornos rurales, TDOA se puede combinar con la AOA para proporcionar mayor precisión.

Huella multitrayecto

Dentro de las técnicas basadas en modificaciones de red está la huella multitrayecto (*Multipath Fingerprint, MF*). MF aprovecha una de las perturbaciones más molestas a la hora de localizar un terminal móvil: las señales multitrayecto. La huella multitrayecto (Véase figura 3.3) caracteriza las señales que llegan desde diferentes localizaciones. Para ello, el operador debe enviar unidades de prueba a distintos lugares, con el fin de que las estaciones base graben las huellas multitrayecto y creen una base de datos para efectuar comparaciones. La precisión depende del número de datos grabados en una determinada zona. El mayor inconveniente de este método es que, ante la variación del entorno (por ejemplo, ante la construcción de un nuevo edificio), la huella multitrayecto también cambiará y tendrá que ser regrabada.

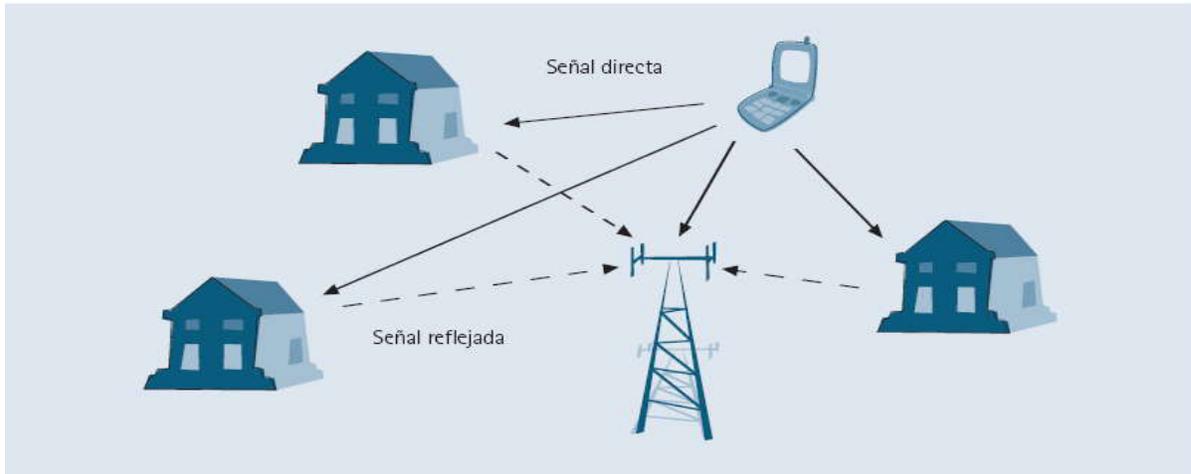


Figura 3.3. Sistema de localización por "huella multirrayecto".
La suma de todas las señales reflejadas crea una señal "huella" que se almacena en una base de datos.

3.2.5 Técnicas basadas en terminal móvil

Método mejorado de la diferencia de tiempo de llegada

El método mejorado de la diferencia de tiempo de llegada (*Enhanced Observed Time Difference*, E-OTD) opera sobre redes GSM y GPRS, e incluye nueva tecnología tanto en el terminal móvil como en la red. Siendo la solución de red similar a la utilizada en TDOA, en E-OTD el terminal mide la diferencia de tiempo de llegada de las ráfagas de pares cercanos de estaciones fijas.

Existen dos métodos para calcular la posición, uno basado en la triangulación hiperbólica, y otro en triangulación circular. En el método hiperbólico, si las estaciones base no están sincronizadas, la red debe evaluar el desfase entre ellas para poder estimar las diferencias de tiempo reales en la transmisión de las señales (*Real Time Differences* – RTD). La posición del terminal móvil se obtiene mediante triangulación a partir de las coordenadas de las estaciones base, el tiempo de llegada al móvil de las ráfagas de cada BTS (*Observed Time Difference* – OTD) y las diferencias de tiempo entre las BTSs (RTD). Las diferencias temporales de llegada de la señal se combinan para producir líneas hiperbólicas que se intersecan en el lugar donde está el móvil, ofreciendo de esta manera localización en dos dimensiones mediante el cálculo de la diferencia de tiempos geométrica (*Geometric Time Difference* - GTD). Con el fin de obtener un resultado preciso, se necesitan medidas de OTD y RTD de tres pares de estaciones base.

Para utilizar el método circular, las redes asíncronas (como las redes GSM) necesitan el apoyo de unidades de medida de posición (LMUs) a modo de balizas de referencia en puntos dispersos geográficamente. La densidad de unidades de medida de posición determinará la

precisión del sistema. Normalmente, es necesario instalar en toda la red una LMU por cada una o dos estaciones. Estos receptores y los terminales móviles habilitados con software E-OTD realizan medidas de las señales procedentes de tres o más estaciones de referencia periódicamente.

El cálculo de la posición puede estar asistido por red, si el terminal móvil mide la señal de OTD y la red le proporciona la información de las coordenadas de las BTS y valores RTD, o asistido por el terminal, en cuyo caso es el terminal el que mide la OTD y envía la medida a la red que calcula la ubicación. El resultado es una zona de incertidumbre donde con alta probabilidad se encuentra el terminal.

A-FLT y E-FLT

La técnica A-FLT (*Advanced Forward Link Trilateration*) se emplea exclusivamente en redes CDMA, síncronas en operación. El método es muy similar al TDOA: consiste en efectuar la medida del retardo de fase entre señales enviadas a un par de estaciones base, y compararla con la medida de otro par. Los datos procedentes de tres estaciones base permiten localizar un terminal móvil. También existe otra técnica mejorada con los mismos fundamentos que A-FLT, EFLT (*Enhanced Forward Link Trilateration*), la cual implica modificaciones tanto en la red como en la estación base.

GPS Asistido

La integración de un módulo GPS en un teléfono móvil hace que éste aumente su tamaño y peso, y lo encarece debido a los componentes incluidos y al mayor consumo, aunque la tecnología de receptor GPS se ha abaratado en los últimos tiempos. A pesar de su falta de precisión en algunos entornos, GPS puede mejorar sus prestaciones en redes de telefonía móvil, mediante un sistema de GPS asistido (A-GPS).

La "asistencia" que este sistema proporciona respecto al GPS tradicional radica en el uso de receptores de referencia. Estos receptores recogen información de navegación y datos de corrección diferencial para los satélites GPS que están en la zona de cobertura del servidor de localización. A partir de la información obtenida, el servidor de localización facilita bajo demanda datos de interés a los terminales móviles, principalmente una lista con las efemérides de los satélites (órbitas recalculadas con los datos de corrección suministrados por las estaciones de tierra) visibles para el terminal.

De manera más explícita los principales componentes del A-GPS son un terminal móvil con un receptor GPS; un servidor A-GPS con un receptor GPS de referencia o un servicio de GPS diferencial (si el sistema no es DGPS, A-GPS lo pseudoimplementa utilizando una estación de referencia); y la estructura típica de una red de telefonía móvil (BTSs, MSCs...). Los receptores de referencia recogen información de navegación y datos de corrección diferencial para los satélites GPS que están en la zona de cobertura del servidor de localización. En el caso de

DGPS, las estaciones de referencia transmiten las correcciones que calculan constantemente comparando su posición obtenida mediante los satélites con sus coordenadas reales.

A partir de la información obtenida, el servidor de localización facilita bajo demanda datos de interés a los terminales móviles, principalmente una lista con las efemérides de los satélites (órbitas recalculadas con los datos de corrección suministrados por las estaciones de tierra) visibles para el terminal. Los datos, que se introducen en un pequeño mensaje de unos 50 bytes, son todo lo que el móvil necesita saber para completar los datos GPS recibidos. El servidor de localización puede también tener acceso a una base de datos de elevaciones del terreno que permite precisar la altitud a la que se encuentra el terminal móvil, efectuando de esta manera una localización en tres dimensiones.

En la figura 3.4 se puede observar el proceso de localización mediante GPS asistido efectuado por un sistema comercial. Se trata de una solución híbrida que combina GPS con identificación celular. A-GPS también se utiliza con E-OTD y con A-FLT en caso de redes CDMA.

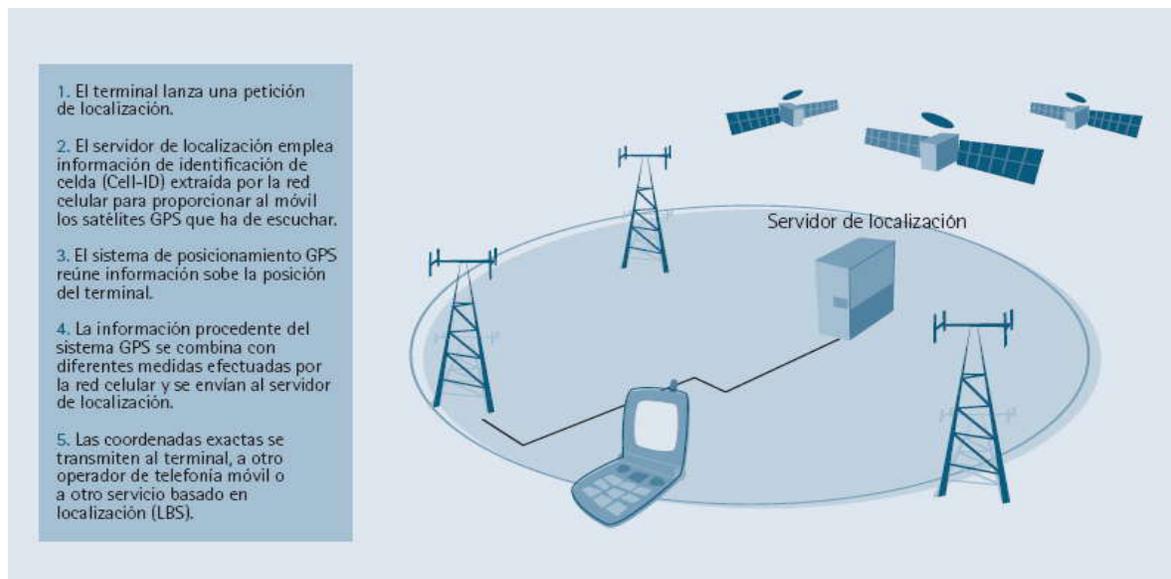


Figura 3.4. Sistema de localización comercial mediante A-GPS y Cell ID.

El GPS asistido es, por tanto, aplicable tanto a redes síncronas como a redes asíncronas (es soportado por GSM, GPRS, UMTS y CDMA). Pero incluso con esta mejora, los sistemas GPS siguen teniendo el problema del bloqueo de la línea de vista directa (*shadowing*) por obstáculos como edificios. Además, tanto el GPS convencional como el A-GPS necesitan que los usuarios adquieran terminales compatibles, lo que significa que si las operadoras adoptan este sistema (las operadoras coreanas y japonesas ya lo han hecho, y en consecuencia se han vendido muchos teléfonos móviles de este tipo) se tardará algún tiempo en crear una masa

crítica de potenciales consumidores. Algunos expertos consideran que a largo plazo, A-GPS se impondrá.

Hasta este momento hemos efectuado una revisión de las técnicas más importantes disponibles para localización en redes móviles. Entre los sistemas recomendados por el 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) para localizar los terminales de tercera generación, se encuentran los siguientes: la diferencia observada en el tiempo de llegada (*Observed Time Difference of Arrival - OTDOA*), el tiempo de llegada (TOA) y el GPS asistido. La técnica de OTDOA es una evolución de la comentada E-OTD, pues esta última no es válida para redes WCDMA (como UMTS). En la tabla 3.1 se muestra una comparativa de diferentes aspectos de las técnicas E-OTD y A-GPS.

T1. COMPARACIÓN DE E-OTD Y A-GPS (CABAS, 2001)

	E-OTD	A-GPS
Precisión (m)	50 -150	10 -50
Dimensiones de la posición	2 (latitud y longitud)	3 (latitud, longitud y altura)
Tiempo de respuesta (seg)	5	5-10
Impacto sobre la red	Grande	Medio-Bajo
Roaming	Medio	Alto
Precisión en interiores	Buena	Mala

Tabla 3.1. Comparación de E-OTD y A-GPS (Cabas, 2001)

Existen también técnicas “híbridas”, las cuales resultan de combinar algunas de las anteriores.

Estas técnicas mejoran la precisión sin modificar notablemente las características de coste y complejidad. Así, es posible implementar un sistema híbrido que adopte la estimación mediante AOA para cada estación base y las estimaciones TDOA para estaciones múltiples. Es frecuente, asimismo, la combinación de E-OTD con A-GPS. También resulta viable una combinación de AOA y TOA, procedimiento que determina la posición con una única estación base.

3.3 Conceptos para el cálculo de distancia

Una vez teniendo la base conceptual de los modos de operación de las técnicas de geolocalización del teléfono, necesitamos saber cómo hacer el cálculo de la distancia de dos puntos sobre la Tierra, dado que es otro de los requerimientos del sistema.

3.3.1. El planeta Tierra

La Tierra es el tercer planeta de nuestro sistema solar ubicado en la vía láctea. Véase figura 3.5.



Figura 3.5 Planeta Tierra

La forma física del planeta no es exactamente esférica sino que se ajusta más a un elipsoide de revolución cuyo eje de giro es el eje menor de la elipse generatriz. En rigor la forma de la superficie del planeta es bastante complicada y no es asimilable a ninguna superficie de formulación matemática simple. Se aproxima al denominado **geoide** cuya superficie es normal en cada punto a la dirección de la gravedad. El elipsoide de revolución adoptado en los trabajos astronómicos discrepa muy poco del **geoide**. La figura y dimensiones de la Tierra tienen importancia en astronomía para reducir las observaciones efectuadas desde la superficie terrestre al centro del planeta.

El elipsoide adoptado para representarla tiene el diámetro mayor de 12.756.776 metros, y el diámetro menor de unos 12.713.824 metros. Véase figura 3.6.

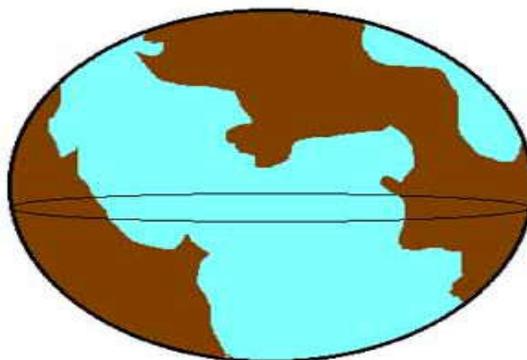


Figura 3.6. Elipsoide Terrestre

La Tierra tiene las siguientes características físicas:

⊕ Radio Medio: 6.367 Kilómetros

⊕ Densidad:	5'52 G/Cm3
⊕ Gravitación En Superficie:	9'8 M/S2
⊕ Distancia Media Al Sol:	149.598.000 Kilómetros
○ Masa:	5'98. 1021 Toneladas
⊕ Edad:	2.500 A 5.400 Mill. Años
⊕ Satélites:	1 (Luna) A Unos 368.000 Kms.

3.3.2. Movimiento de la Tierra

Al igual que los restantes planetas del sistema solar, la Tierra tiene un movimiento de traslación alrededor del Sol, un movimiento de rotación alrededor de un eje, y un movimiento de precesión y de nutación del eje de rotación.

Movimiento de traslación

El planeta se desplaza en el espacio orbitando alrededor del Sol en una órbita plana elíptica, de excentricidad 1'6745%, en la que el Sol está situado en uno de los focos. La órbita se denomina eclíptica y el plano que la contiene se denomina plano de la eclíptica. El eje perpendicular a este plano se denomina eje de la eclíptica o Eje Polar de la Eclíptica.

Cuando la Tierra está en el perihelio o punto más cercano al Sol (perigeo), la distancia que les separa es de 149.050.000 kilómetros, y cuando está en el afelio o punto más lejano al Sol (apogeo), la distancia entre ambos astros es de 152.140.000 kilómetros (Veáse figura 3.7). La línea recta que pasa por el afelio, el perihelio y el Sol se denomina línea de los ápsides. El perihelio lo alcanza el planeta el día 2-3 de enero, y el afelio el día 6-7 de julio.

La duración del movimiento de traslación es, con bastante aproximación, un año.

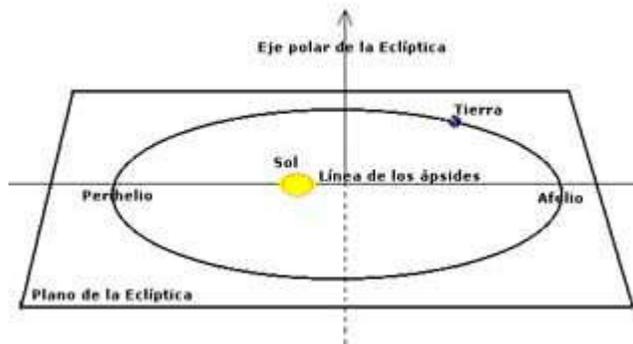


Figura 3.7. Movimiento de Traslación de la Tierra

Movimiento de rotación

El planeta tiene además un movimiento de rotación alrededor de un eje que coincide con el eje menor del elipsoide de revolución. Los puntos de corte de este eje con la superficie

terrestre se denominan Polo Norte y Polo Sur (o Polo Norte Geográfico y Polo Sur Geográfico, Véase figura 3.8).

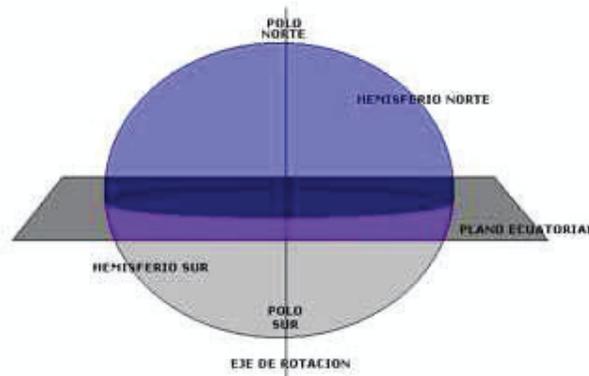


Figura 3.8. Polos geográficos y hemisferios

El polo Norte es aquel que tendría a su izquierda un observador que se sitúe en la superficie de la Tierra mirando al punto del horizonte por el que aparece el Sol cada mañana debido a este movimiento rotacional (punto Este). A la espalda del observador queda el punto en el que se pone el Sol (punto Oeste).

El plano perpendicular al eje Norte-Sur se denomina Plano Ecuatorial, que es un plano que atraviesa idealmente el planeta separándolo en dos hemisferios llamados Hemisferio Norte o Hemisferio Boreal (es el hemisferio que contiene al Polo Norte), y Hemisferio Sur o Hemisferio Austral (es el hemisferio que contiene al Polo Sur). El círculo máximo intersección de la superficie del planeta con el plano ecuatorial se denomina Ecuador Terrestre.

Los planos ecuatorial y de la eclíptica no son paralelos, sino que forman un ángulo promedio de 23° y $27'$. Este ángulo se conoce en astronomía como oblicuidad de la eclíptica. Este ángulo es, por tanto, el que forman el eje Norte-Sur y el eje de la eclíptica. Debido a esta oblicuidad los rayos solares llegan perpendicularmente al hemisferio boreal en una cierta época y al hemisferio austral en otra, dando lugar a las estaciones. Las estaciones dividen el año cuatro épocas: primavera, verano, otoño e invierno, de forma que en el otro hemisferio se corresponden respectivamente con otoño, invierno, primavera y verano (Véase figura 3.9).



Figura 3.9. Las estaciones: Épocas distintas en ambos hemisferios

El movimiento de rotación es, evidentemente, el que origina los días y las noches en la Tierra (Véase figura 3.10). La parte iluminada es de día cuando la parte oscura es de noche. El sol describe un movimiento aparente saliendo por el Este y poniéndose por el Oeste durante el día. La circunferencia menor que describe corta al horizonte visible en dos puntos: el orto y el ocaso. El Sol "sale" por el orto (Este) y se pone por el ocaso (Oeste).

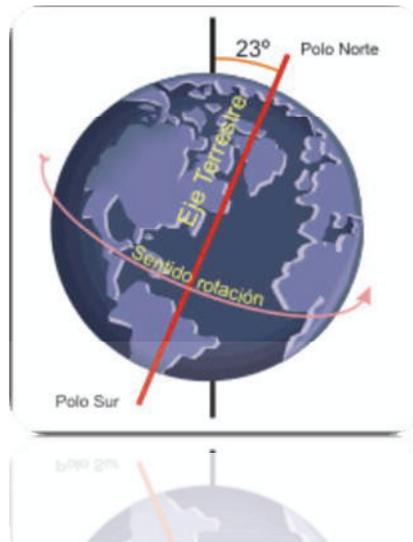


Figura 3.10. Movimiento de Rotación.

Movimiento de precesión:

El eje de rotación de la Tierra describe un doble cono alrededor del eje polar de la eclíptica (Véase figura 3.11), con movimiento de sentido contrario al movimiento de rotación.

El origen de este movimiento de precesión es la acción perturbadora, por una parte, la Luna y el Sol (precesión lunisolar), y, por otra, la acción de los restantes planetas del sistema (precesión planetaria).

El fenómeno de precesión lunisolar, de $50''{,}3$ por año, fue descubierto por Hiparco (año 125 a. de C.) y explicado por primera vez por Newton. Está producido por la acción gravitatoria del Sol y de la Luna que, como consecuencia de la forma geoidal, achatada, del planeta y de la inclinación de su eje, tiende a producir una basculación del círculo ecuatorial de modo que pase por el centro de cada uno de los astros perturbadores. La mayor influencia la ejerce la Luna, a causa de su proximidad, aún cuando su masa es mucho menor que la del Sol.

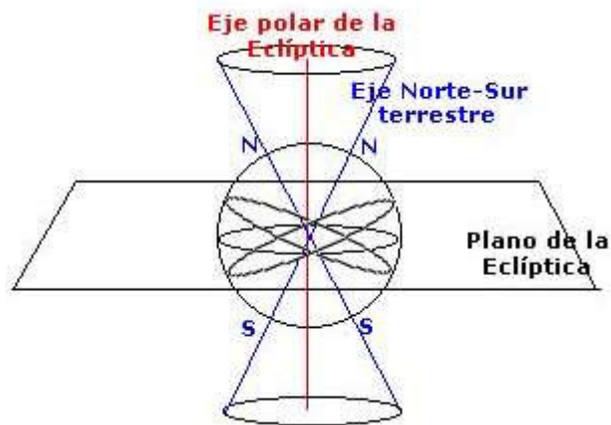


Figura 3.11. El cono de precesión.

La precesión planetaria se suma a la precesión lunisolar. Es ésta una perturbación mucho menor, de $0'',12$ por año, originada por la acción gravitacional de los restantes planetas del sistema.

Movimiento de nutación:

Es un pequeño movimiento de carácter periódico que sufre el eje de la Tierra alrededor de su posición media, ondulando el cono de precesión.

Al igual que el movimiento de precesión, tiene su origen en las perturbaciones gravitatorias que provocan el Sol, la Luna y los restantes planetas sobre el ensanchamiento ecuatorial de la Tierra.

Como ya se ha expuesto, la acción gravitatoria conjunta de todos los astros que componen el sistema solar origina perturbaciones en los movimientos rotacional y traslacional del planeta mediante movimientos combinados de precesión y nutación.

El primero de estos movimientos se descompone en una parte uniforme (precesión de los equinoccios) y una parte periódica compleja, a la cual se denomina nutación astronómica longitudinal. El segundo de estos movimientos se llama nutación oblicua.

Las expresiones de los términos de la nutación astronómica son muy complejas, sobre todo si se quiere aproximar mucho los cálculos. El término más importante de ambos movimientos es debido a la influencia lunar. Tienen por valores respectivos $17'',23$ y $9'',21$. Su periodo normal es de 18 años $\frac{2}{3}$.

Ateniéndose a estos términos principales, se puede representar el movimiento de nutación como el correspondiente a una elipse descrita en el espacio por el eje de rotación terrestre con un periodo de 18 años $\frac{2}{3}$, y de semiejes iguales a $9'',21$ perpendicularmente al plano

del ecuador y de $6'',86$ (o sea, $17'',23$ sen $23^\circ 27'$ en el sentido longitudinal). El efecto de este movimiento es ondular el cono de precesión, el cual se describe en 25.790 años, y que es en realidad "sobreondulado" por todos los términos secundarios de la nutación. (Véase figura 3.12)

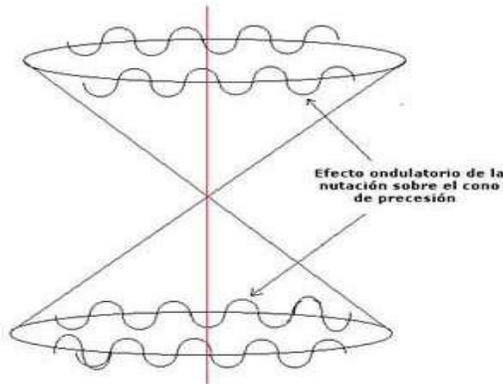


Figura 3.12. Movimiento de Nutación.

3.3.3. Coordenadas Terrestres

Todos los planos paralelos al plano ecuatorial cortan al elipsoide en círculos paralelos al ecuador que se llaman paralelos. Todos los círculos máximos que pasan por ambos polos Norte y Sur son perpendiculares al ecuador y a los paralelos. Llamaremos a estos círculos máximos meridianos. Se consigue, de esta forma, "cuadrangular" la superficie del planeta de forma que, si numeramos los paralelos y los meridianos podemos identificar cada uno de sus puntos (Véase Figura 3.13). Es necesario, por tanto, fijar un origen tanto en la medida de paralelos como en la medida de meridianos.

Tenemos:

- ⊕ Como **paralelo 0** al círculo ecuatorial.
- ⊕ Como **meridiano 0** el círculo máximo que pasa por Greenwich (Inglaterra).

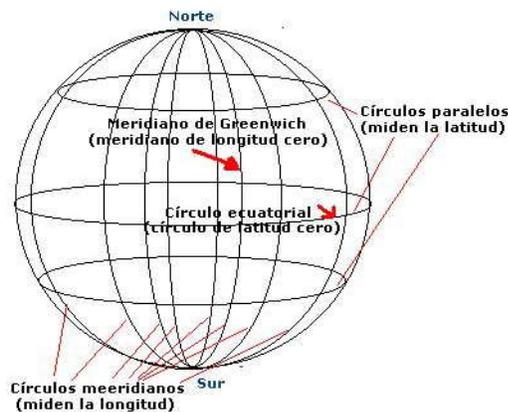


Figura 3.13. Coordenadas Geográficas.

Se definen las dos coordenadas geográficas para un lugar cualquiera de la superficie terrestre:

Latitud Geográfica

Es el ángulo que forma la vertical del lugar con el plano ecuatorial, de 0° a 90° hacia el Norte, y de 0° a 90° hacia el Sur (latitud Norte y latitud Sur, respectivamente).

Por ejemplo:

- ⊕ El Polo norte está a 90° latitud norte, y el polo Sur está a 90° latitud Sur. Cualquier punto del círculo ecuatorial de la Tierra está a latitud 0° .

Longitud Geográfica

Es el ángulo diedro que forma el meridiano de Greenwich con el meridiano del lugar, de 0° a 180° hacia el Este, y de 0° a 180° hacia el Oeste (longitud Este y longitud Oeste, respectivamente).

Por ejemplo:

- La ciudad de Greenwich y todos los puntos del semimeridiano que va desde el polo norte-Greenwich-polo sur, tienen longitud 0. Los puntos del semimeridiano restante tienen longitud 180° (Este u Oeste, indiferentemente).
- El punto intersección del meridiano de Greenwich con el círculo ecuatorial tiene coordenadas: Latitud 0° , Longitud 0° ; y su antípoda es el punto de coordenadas: Latitud 0° , Longitud 180° .

Altitud

Es la distancia vertical a un origen determinado, considerado como *nivel cero*, para el que se suele tomar el nivel medio del mar.

Colatitud:

Es el complemento de la latitud a 90° , es decir es el ángulo que forma la vertical del lugar con el eje Norte-Sur, o bien, dicho de otro modo, el arco de meridiano terrestre comprendido entre el lugar y el polo geográfico más próximo.

Es evidente, en definitiva, que para un lugar cualquiera de la superficie terrestre es:

$$\text{Latitud} + \text{Colatitud} = 90^\circ.$$

3.3.4. Distancia entre dos puntos de la superficie terrestre

La distancia entre dos puntos, P y P' de la superficie de la Tierra es la longitud del arco de círculo máximo comprendido entre el punto P y el punto P'. Para hacer estos cálculos aproximaremos el elipsoide terrestre por la forma esférica, y calcularemos el arco de círculo máximo entre ambos puntos mediante la fórmula de los cosenos de la trigonometría esférica. (Véase figura 3.14)

Sean los puntos P y P' dados por sus coordenadas:

P --> (latitud: θ , longitud: λ), colatitud: $\phi = 90 - \theta$

P' --> (latitud: θ' , longitud: λ'), colatitud: $\phi' = 90 - \theta'$

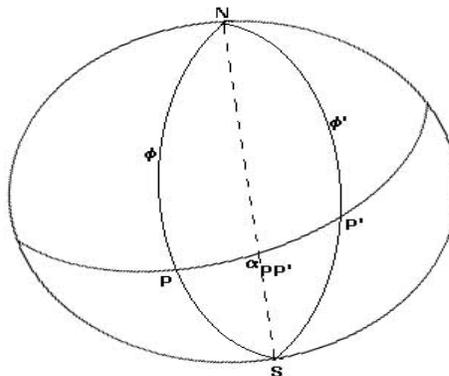


Figura 3.14. Triángulo esférico que forman P, P' y N.

Sea ahora el triángulo esférico P-N-P' formado por ambos puntos y el polo Norte. Se conocen los lados PN= ϕ y P'N= ϕ' , así como el ángulo diedro PNP'= $\lambda - \lambda'$. Por tanto, aplicando el teorema de los cosenos de la geometría esférica podemos calcular el tercer lado de dicho triángulo a partir del arco de círculo máximo entre ambos puntos:

$$\begin{aligned} \cos a_{pp'} &= \cos \phi \cos \phi' + \sin \phi \sin \phi' \cdot \cos(\lambda - \lambda') \\ a_{pp'} &= \text{arc cos}[\cos \phi \cos \phi' + \sin \phi \sin \phi' \cdot \cos(\lambda - \lambda')] \end{aligned}$$

Para calcular la distancia entre ambos puntos emplearemos la proporción de 360° a 40000 kilómetros con la del arco $a_{pp'}$ a su longitud $d_{pp'}$.

$$d_{pp'} = \frac{40000}{360} a_{pp'}$$

Se obtiene así la siguiente fórmula aproximada:

$$d_{pp'} = \frac{40000}{360} \text{arc cos}[\cos \phi \cos \phi' + \sin \phi \sin \phi' \cdot \cos(\lambda - \lambda')]$$

Ejemplos de cálculo de distancias:

-Distancia entre la capital de España, Madrid (40°25' N, 3°45' O), y la localidad andaluza de Marchena (37°20' N, 5°25' O):

$$\text{Colatitudes: } \phi = 90 - 40^{\circ}25' = 49^{\circ}35', \quad \phi' = 90 - 37^{\circ}20' = 52^{\circ}40'$$

$$\text{Ángulo diedro en el polo norte: } \lambda - \lambda' = 5^{\circ}25' - 3^{\circ}45' = 1^{\circ}40'$$

Calculamos las razones trigonométricas:

$$\begin{aligned} \cos(\phi) \cdot \cos(\phi') + \sin(\phi) \cdot \sin(\phi') \cdot \cos(\lambda - \lambda') &= \\ = 0,64831 \cdot 0,60645 + 0,76134 \cdot 0,79512 \cdot 0,99957 &= 0,99827 \end{aligned}$$

$$\text{Finalmente: } d_{pp'} = \frac{40000}{360} \text{arc cos}(0,99827) = \frac{1000}{9} 3,3639 = 373,770 \text{ kms}$$

- Distancia entre el polo Norte (90°0' N, 0°0' O) y el punto A (0°0' N, 0°0' O) situado en el círculo ecuatorial del planeta:

$$\text{Colatitudes: } \phi = 90^{\circ} - 90^{\circ}0' = 0^{\circ}0', \quad \phi' = 90^{\circ} - 0^{\circ}0' = 90^{\circ}$$

$$\text{Ángulo diedro en el polo norte: } \lambda - \lambda' = 0^{\circ}0' - 0^{\circ}0' = 0^{\circ}0'$$

Calculamos las razones trigonométricas:

$$\cos(\phi) \cos(\phi) + \sin(\phi) \sin(\phi) \cos(\lambda - \lambda) = 0 + 0 = 0$$

Finalmente:

$$d_{pp} = \frac{40000}{360} \arccos(0) = \frac{1000}{9} 90 = 10000 \text{ kms}$$

3.3.5. Cálculo de la distancia entre dos puntos en el plano XY

Para calcular la distancia entre dos puntos en un plano bidimensional usamos el siguiente Teorema:

Teorema: Sean $P_1(x_1, y_1)$ y $P_2(x_2, y_2)$ dos puntos diferentes cualesquiera de un plano. La distancia entre estos puntos está definida por la relación:

$$|P_1P_2| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Para entender el funcionamiento de dicho teorema tenemos lo siguiente (Véase figura 3.15):

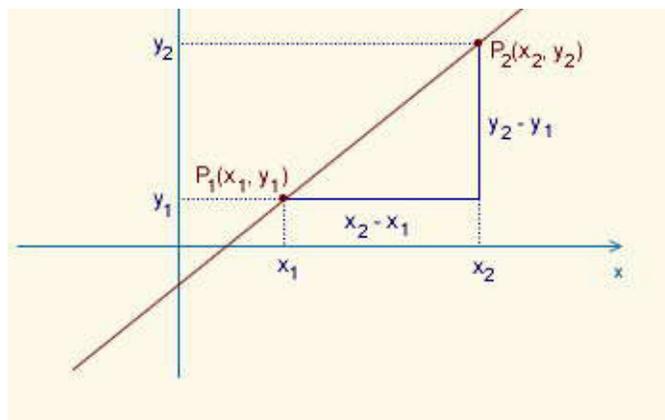


Figura 3.15. Representación en el plano de dos puntos.

Analizando la gráfica podemos observar que si formamos un triángulo rectángulo utilizando a P_1 y P_2 como los extremos de la hipotenusa y los catetos paralelos a los ejes coordenados, la magnitud del cateto paralelo al eje x será la diferencia de las coordenadas en x de los puntos, así mismo, la magnitud del cateto paralelo al eje y será la diferencia de las coordenadas en y de los puntos.

Con esta información podemos determinar, utilizando el teorema de Pitágoras, el valor de la magnitud de la hipotenusa. De esta manera tenemos,

$$|\overline{P_1P_2}|^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \dots\dots\dots\text{Teorema de Pitágoras}$$

$$|\overline{P_1P_2}| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \dots\dots\dots\text{Obtenemos la raíz cuadrada en ambos lados de la igualdad.}$$

La relación anterior nos determina la distancia entre dos puntos cualesquiera, a pesar de que la gráfica que nos ayuda en la demostración sólo utiliza el primer cuadrante, es posible demostrar esta misma relación en cualquier combinación de cuadrantes.

Ahora bien, la primer pregunta que surge cuando observamos y analizamos esta expresión es, ¿cómo identificar cuál de dos puntos dados se debe utilizar como P_1 y cuál como P_2 ?

La respuesta es simple, los puntos pueden sustituirse indistintamente ya que al efectuar la resta entre dos valores podemos ver que la única complicación en la resta es que si la hacemos en uno o en otro orden sólo difieren los resultados en un signo y posteriormente elevando al cuadrado este problema simplemente desaparece.

3.3.6. Determinación del método para el cálculo de la distancia

Conocemos dos métodos para realizar el cálculo de la distancia, por lo que para determinar cuál es el que necesitamos para la aplicación definiremos el ejemplo mencionado en el apartado 4.4.4 con la fórmula del apartado 4.4.5.

Los puntos que se mencionan son:

Madrid

Latitud: 40.416741

Longitud: -3.70325

Marchena

Latitud: 37.333

Longitud: -5.4

Haciendo el cálculo con la fórmula del apartado 3.3.5 adaptado con el factor de conversión en metros tenemos lo siguiente:

$$x_2 = 40.416741$$

$$x_1 = 37.333$$

$$y_2 = -3.70325$$

$$y_1 = -5.4$$

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$d = \sqrt{(40.416741 - 37.333)^2 + (-3.70325 - (-5.4))^2}$$

Finalmente para convertir a metros

$$d = 3.52234 \times 100\ 00$$

Y en kilómetros tenemos:

$$d = 352.234\ Km$$

Para tener un mejor estimado acerca de la distancia entre éstos dos puntos usaremos una herramienta que nos será útil a lo largo del desarrollo de la aplicación la cuál es, Google Earth.

Haciendo el trazado de los puntos y la distancia entre los mismos obtenemos (Véase figura 3.16):



Figura 3.16. Trazado de los puntos a analizar

Obteniendo la distancia con ésta herramienta tenemos que nos arroja un valor de: 372.22 Km, como se muestra en la figura 3.17.

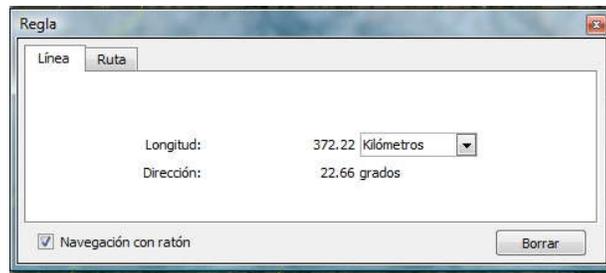


Figura 3.17. Distancia con Google Earth

Finalmente tenemos:

Obtención de distancia	Fórmula en 3D	Fórmula en 2D	Google Earth
Distancia[Km]	373.770	352.234	372.22
Error* [%]	2.10	3.78	1.67

*Calculado con una distancia promedio 366.074 Km

Ya que contamos con los diferentes tipos de cálculos que podemos efectuar y dado que los datos que podemos obtener del teléfono móvil son latitud y longitud en decimales, aunado a que las lecturas de las mediciones del teléfono móvil tienen un error de 5 a 200m, se consideró que se usaría la fórmula de cálculo de distancia en dos dimensiones ya que a pesar de que en el cuadro de comparativa es el que tiene un mayor porcentaje de error, no se considera crítico después de varias pruebas realizadas.

3.4. Implementación de los modos de operación del teléfono

Tras conocer los tipos de técnicas usadas para que el teléfono realice la obtención de su ubicación y después de definir que método se usará para calcular la distancia necesitamos conocer los modos de operación del GPS en los dispositivos móviles para lo cual nos dirigimos a la API de BREW® (BREW® API Reference version 3.1.5.), que es la plataforma sobre la que opera el dispositivo en la que se lanzará la aplicación (Ver tabla 3.1).

Configuración	Modo de Operación	Comentarios
AEEGPS_MODE_TRACK_NETWORK	Asistido	Hace un fix asistido "puro", es decir sólo usa la red.
AEEGPS_MODE_TRACK_LOCAL	Base	Hace un fix con base "puro", es decir trata de no usar la red, sin

		embargo en ocasiones hace uso de la misma para obtener sólo la información básica, como las efemérides.
AEEGPS_MODE_TRACK_STANDALONE	Standalone	Hace el fix en modo standalone, no usa la red.
AEEGPS_MODE_TRACK_OPTIMAL	Híbrido	Éste modo puede hacer fixes en modo Track_Optimal ó Data Optimal, los cuáles son modos híbridos del Asistido y Base, optimizando el uso de la red, se conocen como “modos inteligentes”, se pueden configurar para ser más rápidos o precisos.
AEEGPS_MODE_ONE_SHOT	Híbrido	Funciona de manera análoga que el Track Optimal sin embargo, tiene tendencia a operar en modo asistido.
AEEGPS_MODE_DLOAD_FIRST	Híbrido	Éste modo se usa para iniciar un rastreo y básicamente se usa para descargar las efemérides y el almanac, lo cual puede hacer en modo asistido o modo standalone.

Tabla 3.1. Modos de Operación del GPS en BREW

Para definir la configuración del GPS se tiene la siguiente prioridad:

- ⊕ Asistidos: Se realizarán fixes (nos referimos a un fix, en el momento que solicitamos la posición del dispositivo móvil) “asistidos” en el momento de que cumpla el tiempo para reportarse y no se pueda realizar ni un fix base o un standalone, es decir sólo se

mantendrá como el último fix a realizarse, debido a que los fixes se realizan cada 30 segundos.

- ⊖ Base: Se mantendrá en modo “base” en GPS hasta que pueda hacer un fix en modo standalone o bien se cumpla el tiempo del reporte y el base sea erróneo, de igual manera es el modo en el que inicia la aplicación.
- ⊖ Standalone: Si inició el rastreo de la unidad y el equipo pudo hacer un fix en modo standalone se mantendrá en modo standalone hasta que exista algún error en la obtención del fix o bien hasta que haya cumplido su tiempo de reporte.

Ya que definimos cómo se usarán los modos de GPS del teléfono móvil, procedemos a revisar la forma en la que se configura:

Los parámetros necesarios en BREW para el uso del GPS son los siguientes:

```
pMe->localizador.infoGps.configGps.mode           = AEEGPS_MODE_TRACK_LOCAL
pMe->localizador.infoGps.configGps.nFixes         = 0;
pMe->localizador.infoGps.configGps.nInterval      = 16;
pMe->localizador.infoGps.configGps.optim          =AEEGPS_OPT_SPEED;
pMe->localizador.infoGps.configGps.qos            = 16;
pMe->localizador.infoGps.configGps.server.svrType = AEEGPS_SERVER_DEFAULT;
```

Los parámetros anteriormente expuestos se explican a continuación:

- ⊖ Mode = En éste parámetro indicamos el modo en el cuál operará el GPS, acorde con lo antes visto y con el tipo de errores que se tengan antes de tener la posición adecuada.
- ⊖ nFixes = Corresponde al número de fixes que se realizaran en éste modo, si se manda un 0 , indica que no se sabe el número de fix que se harán por lo tanto queda abierto éste valor.
- ⊖ ninterval = Indica el intervalo que existirá entre fix y fix y con el parámetro de nFixes se hace una optimización para que el motor del GPS sea la acorde al tipo de rastreo.
- ⊖ Optim = Es un parámetro que nos ayuda a configurar el GPS para que sea rápido o preciso, ayudando a los modos “inteligentes” a guiarse mejor en el uso de los recursos de cada dispositivo.
- ⊖ Qos = Ó “Quality of Service” es un parámetro que nos ayuda a definir el tiempo y la calidad del fix, entre menor sea el parámetro que se le mande la sesión que se usará es más corta, por lo cual nos ayuda a disminuir el número de sesiones usadas para determinar una posición, su valor va desde 0 a 255.
- ⊖ svrType = Nos indica el servidor al que se conectará en caso de hacer una ubicación asistida.

3.5. Implementación de Requerimientos

Teniendo los parámetros de configuración y el método para el cálculo de distancia lo siguiente es realizar la programación de los módulos, para ello se realizaron pruebas con una aplicación especializada en calibrar el GPS, la cual también fue realizada en éste proyecto y se usó para determinar los mejores parámetros para el teléfono que se usará en el rastreo de las flotillas, dichos parámetros fueron diferentes para cada uno de los modos (asistido, base y standalone), en conjunto con el área especializada en rastreo de Iusacell, se aprobaron los mismos, por ser parte del código, no pueden ser expuestos en éste trabajo, sin embargo a continuación se presenta una imagen en la cual podemos apreciar la precisión de algunas ubicaciones obtenidas desde la torre Unefon en TV Azteca (Véase figura 3.18).

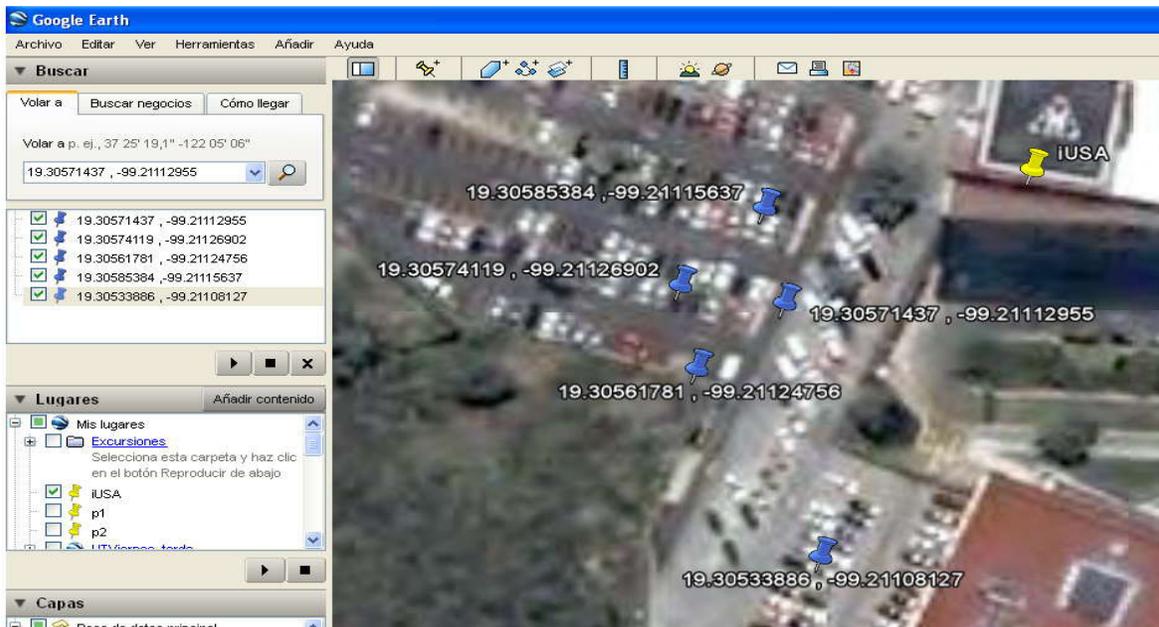


Figura 3.18. Imagen de precisión trazada con Google Earth.

Las mediciones anteriores son obtenidas en modos base y standalone y la que se encuentra más alejada del punto donde se hicieron las mediciones, está a 150 metros de distancia, por lo cual no se considera un margen de error muy grande dado que en otras pruebas se observan errores mayores.

Una vez configurados los parámetros se procedió a la realización de la inserción de los datos en la base de datos del cliente, dado que él es el encargado de la recepción y tratado de los datos, en éste punto ya se hicieron las pruebas necesarias para saber si los tipos de inserciones e su portal son acordes a lo que está procesando el teléfono, para ello se generó un reporte en la memoria interna del teléfono y se cotejo con los datos insertados en el

portal, un ejemplo del reporte en la base de datos del cliente es el siguiente (Véase figura 3.19):

Vesion	IdUsuario	MDN	IMEI	Latitud	Altitud	Velocidad	Runto	Mob	FechaGMT	FechaLocal	FechaIngreso	Exactitud
1	10603	55501047	0	19.3567145	2363	0	217	S	05/01/2009 21:34	05/01/2009 15:34	05/01/2009 15:34	6
1	10603	55501047	0	19.3562225	2367	0	181	S	05/01/2009 21:24	05/01/2009 15:24	05/01/2009 15:24	6
1	10603	55501047	0	19.3566	2392	0	282	S	05/01/2009 21:14	05/01/2009 15:14	05/01/2009 15:14	6
1	10603	55501047	0	19.3564661	2411	1	317	S	05/01/2009 21:04	05/01/2009 15:04	05/01/2009 15:04	6
1	10603	55501047	0	19.357316	2375	0	121	S	05/01/2009 20:54	05/01/2009 14:54	05/01/2009 14:53	6
1	10603	55501047	0	19.3561244	2373	0	4	S	05/01/2009 20:44	05/01/2009 14:44	05/01/2009 14:43	6
1	10603	55501047	0	19.3554882	2278	1	159	S	05/01/2009 20:34	05/01/2009 14:34	05/01/2009 14:33	6
1	10603	55501047	0	19.3562889	2193	0	241	S	05/01/2009 20:23	05/01/2009 14:23	05/01/2009 14:23	6
1	10603	55501047	0	19.3562469	2404	0	218	S	05/01/2009 20:13	05/01/2009 14:13	05/01/2009 14:13	6
1	10603	55501047	0	19.3554817	2449	0	65	S	05/01/2009 20:03	05/01/2009 14:03	05/01/2009 14:03	6
1	10603	55501047	0	19.3562813	2462	1	129	S	05/01/2009 19:53	05/01/2009 13:53	05/01/2009 13:53	6
1	10603	55501047	0	19.3562394	2459	0	280	S	05/01/2009 19:43	05/01/2009 13:43	05/01/2009 13:43	6
1	10603	55501047	0	19.3562956	2458	1	112	S	05/01/2009 19:33	05/01/2009 13:33	05/01/2009 13:33	6
1	10603	55501047	0	19.3562956	2458	1	112	S	05/01/2009 19:23	05/01/2009 13:23	05/01/2009 13:22	6
1	10603	55501047	0	19.3562813	2425	0	251	S	05/01/2009 19:13	05/01/2009 13:13	05/01/2009 13:12	6

Figura 3.19. Reporte de los datos.

La representación en el portal es la siguiente (Véase figura 3.20):

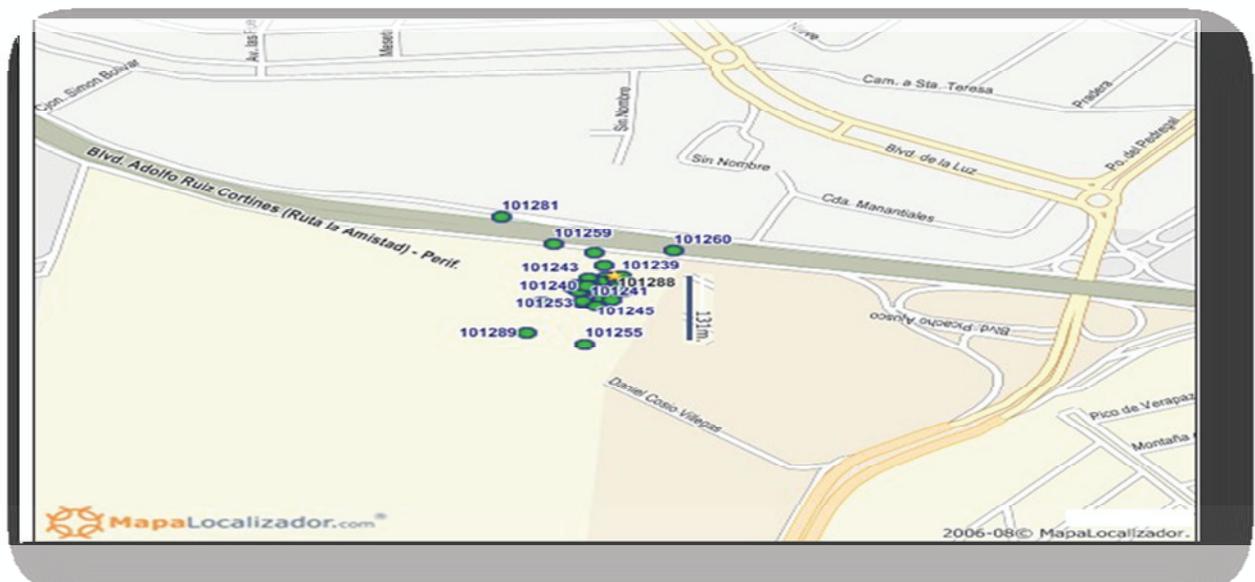


Figura 3.20. Reporte de los datos en el mapa.

Para constatar que las inserciones por tiempo se estén realizando se obtuvo el siguiente log desde la herramienta QXDM, de monitoreo de teléfonos móviles (Véase figura 3.21).

EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:26:22.487	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: MS_BASED
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:27:35.770	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: MS_BASED
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:28:44.151	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:29:16.610	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:29:49.077	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:30:21.477	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:30:53.882	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:31:26.365	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:31:58.817	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:32:31.237	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:33:03.743	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:33:36.212	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:34:09.056	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:34:41.750	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:35:16.189	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:35:50.599	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:36:24.834	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:37:06.326	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:37:40.528	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:38:14.768	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:38:49.009	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:39:21.490	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:39:53.975	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:40:26.458	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:40:58.910	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:41:33.147	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:42:07.398	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:42:39.895	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:43:14.129	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:43:48.369	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:44:22.636	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:44:56.837	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:45:31.082	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:46:05.258	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:46:39.512	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:47:15.460	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE
EVENT	EVENT_GPS_PD_SESSION_START	23:47:49.981	start_src: MOBILE_INITIATED	op_mode: STD_ALONE

Figura 3.21. Reporte QXDM.

En el reporte anterior podemos apreciar el tiempo entre ubicaciones, el cual es de 30 segundos y también podemos ver el tipo de ubicación que está realizando del teléfono, vemos que al inicio hace dos ubicaciones en base y de ahí la realización de las ubicaciones es en modo standalone, lo cual es el comportamiento ideal del sistema.

Para verificar que la toma de la distancia se estuviese realizando como debía se analizó el log del teléfono del cual se muestra una pequeña parte a continuación, la prueba se hizo a 40 metros:

2008/12/5 13:16:32 Longitud: -99.211092

2008/12/5 13:16:32 Latitud: 19.30577338

2008/12/5 13:16:32 Altitud: 2326

2008/12/5 13:16:32 x1

2008/12/5 13:16:32 19.3058002

2008/12/5 13:16:32 y1

2008/12/5 13:16:32 -99.21095788

2008/12/5 13:16:32 x2

2008/12/5 13:16:32 19.30577338

2008/12/5 13:16:32 y2

2008/12/5 13:16:32 -99.211092

2008/12/5 13:16:32 DISTANCIA

2008/12/5 13:16:32 13.67663611

2008/12/5 13:16:32 ***Distancia RECORRIDA 13

2008/12/5 13:17:6 Longitud:-99.21089888
2008/12/5 13:17:6 Latitud: 19.3057251
2008/12/5 13:17:6 Altitud: 2331

2008/12/5 13:17:6 x1
2008/12/5 13:17:6 19.3058002
2008/12/5 13:17:6 y1
2008/12/5 13:17:6 -99.21095788
2008/12/5 13:17:6 x2
2008/12/5 13:17:6 19.3057251
2008/12/5 13:17:6 y2
2008/12/5 13:17:6 -99.21089888
2008/12/5 13:17:6 DISTANCIA
2008/12/5 13:17:6 9.551074763
2008/12/5 13:17:6 ***Distancia RECORRIDA 9

2008/12/5 13:17:40 Longitud:-99.21121001
2008/12/5 13:17:40 Latitud: 19.30544615
2008/12/5 13:17:40 Altitud: 2278

2008/12/5 13:17:40 x1
2008/12/5 13:17:40 19.3058002
2008/12/5 13:17:40 y1
2008/12/5 13:17:40 -99.21095788
2008/12/5 13:17:40 x2
2008/12/5 13:17:40 19.30544615
2008/12/5 13:17:40 y2
2008/12/5 13:17:40 -99.21121001
2008/12/5 13:17:40 DISTANCIA
2008/12/5 13:17:40 43.4650295
2008/12/5 13:17:40 ***Distancia RECORRIDA 43
2008/12/5 13:17:40 ##DISTANCIA RECORRIDA 43
2008/12/5 13:17:40 ##FIX_X_DIST 43 metros
2008/12/5 13:17:42 Inserción

2008/12/5 13:18:16 Longitud:-99.21103299
2008/12/5 13:18:16 Latitud: 19.30554271
2008/12/5 13:18:16 Altitud: 2291

2008/12/5 13:18:16 x1
2008/12/5 13:18:16 19.30544615
2008/12/5 13:18:16 y1

2008/12/5 13:18:16 -99.21121001
2008/12/5 13:18:16 x2
2008/12/5 13:18:17 19.30554271
2008/12/5 13:18:17 y2
2008/12/5 13:18:17 -99.21103299
2008/12/5 13:18:17 DISTANCIA
2008/12/5 13:18:17 20.16478958
2008/12/5 13:18:17 ***Distancia RECORRIDA 20

2008/12/5 13:18:51 Longitud:-99.21093106
2008/12/5 13:18:51 Latitud: 19.30567682
2008/12/5 13:18:51 Altitud: 2292

2008/12/5 13:18:51 x1
2008/12/5 13:18:51 19.30544615
2008/12/5 13:18:51 y1
2008/12/5 13:18:51 -99.21121001
2008/12/5 13:18:51 x2
2008/12/5 13:18:51 19.30567682
2008/12/5 13:18:51 y2
2008/12/5 13:18:51 -99.21093106
2008/12/5 13:18:51 DISTANCIA
2008/12/5 13:18:51 36.19690506
2008/12/5 13:18:51 ***Distancia RECORRIDA 36

2008/12/5 13:19:25 Longitud: -99.2108506
2008/12/5 13:19:25 Latitud: 19.30580556
2008/12/5 13:19:25 Altitud: 2347

2008/12/5 13:19:25 x1
2008/12/5 13:19:25 19.30544615
2008/12/5 13:19:25 y1
2008/12/5 13:19:25 -99.21121001
2008/12/5 13:19:25 x2
2008/12/5 13:19:25 19.30580556
2008/12/5 13:19:25 y2
2008/12/5 13:19:25 -99.2108506
2008/12/5 13:19:25 DISTANCIA
2008/12/5 13:19:25 50.8290993
2008/12/5 13:19:25 ***Distancia RECORRIDA 50
2008/12/5 13:19:25 ##DISTANCIA RECORRIDA 50
2008/12/5 13:19:25 ##FIX_X_DIST 50 metros

Capítulo 3. Desarrollo.

Por lo que observamos en el log anterior se ve que la aplicación insertaron dos reportes uno con 43 metros y el otro con 50 metros, la distancia se hizo con un rengu pequeño (40 m) para poder probar el algoritmo de distancia, desde un edificio.

Por lo que podemos apreciar la aplicación funciona como debe y al no usar fixes asistidos el coste de ésta aplicación disminuye en gran manera.

A continuación se presenta un reporte por tiempo, con un intervalo de 2 min en la inserción (Véase figura 3.22):

Version	Id Usuario	MDN	IMEI	Latitud	Altitud	Velocidad	Rumbo	Modo	Fecha GMT	Fecha Local	Fecha Ingreso	Exactitud	Tipo Fix	Continuidad	Id Cerca	Estatus Cerca
1	1036030	5555010471	0000000000000000	19.30548906	2321	0	210	S	05/12/2008 06:57:47 p.m.	05/12/2008 12:57:47 p.m.	05/12/2008 12:57:37 p.m.	6	t	0	0	0
1	1036030	5555010471	0000000000000000	19.30563927	2400	0	64	S	05/12/2008 06:55:35 p.m.	05/12/2008 12:55:35 p.m.	05/12/2008 12:55:23 p.m.	6	t	0	0	0
1	1036030	5555010471	0000000000000000	19.30563927	2372	0	306	S	05/12/2008 06:53:24 p.m.	05/12/2008 12:53:24 p.m.	05/12/2008 12:53:12 p.m.	6	t	0	0	0
1	1036030	5555010471	0000000000000000	19.30546761	2317	1	155	S	05/12/2008 06:51:12 p.m.	05/12/2008 12:51:12 p.m.	05/12/2008 12:51:00 p.m.	6	t	0	0	0
1	1036030	5555010471	0000000000000000	19.3058753	2342	1	48	S	05/12/2008 06:49:00 p.m.	05/12/2008 12:49:00 p.m.	05/12/2008 12:48:48 p.m.	6	t	0	0	0
1	1036030	5555010471	0000000000000000	19.30533886	2386	1	137	S	05/12/2008 06:46:45 p.m.	05/12/2008 12:46:45 p.m.	05/12/2008 12:46:33 p.m.	6	t	0	0	0
1	1036030	5555010471	0000000000000000	19.30561781	2361	0	224	S	05/12/2008 06:44:33 p.m.	05/12/2008 12:44:33 p.m.	05/12/2008 12:44:21 p.m.	6	t	0	0	0
1	1036030	5555010471	0000000000000000	19.30585384	2396	0	145	B	05/12/2008 06:42:18 p.m.	05/12/2008 12:42:18 p.m.	05/12/2008 12:42:06 p.m.	6	t	0	0	0

Figura 3.22 Reporte por tiempo con intervalo de 2 min.

Podemos ver que los reportes son insertados en el minuto, 42, 44,46 y subsecuentemente con la misma periodicidad de los 2 minutos de inserción.

Por lo que podemos decir los rastreos por distancia y tiempo se están haciendo de manera adecuada.

A continuación se presenta el ejemplo de una ruta trazada con ésta aplicación, en conjunto con el portal del cliente (Véase figura 3.23):

4. ANÁLISIS Y METODOLOGÍA EMPLEADA.

Capítulo 4. Análisis y metodología empleada.

Por ser un proyecto de ingeniería se usó el siguiente ciclo para su creación El ciclo de vida (Véase figura 4.1) de un sistema de información es un enfoque por fases del análisis y diseño que sostiene que los sistemas son desarrollados de mejor manera mediante el uso de un ciclo específico de actividades del analista y del usuario.



Figura 4.1. Ciclo de vida de un sistema

4.1 Análisis de Requerimientos

En la fase de análisis de requerimientos lo que se hizo fueron juntas básicamente con el cliente para saber qué es lo que él quería que el sistema realizara, los datos que iba a recibir, los contextos a los cuáles se enviaría la información, los protocolos o métodos que se usarían para el envío y el tipo de funcionamiento de la aplicación. Una vez aceptados los mismos por la parte del cliente, se analizó la viabilidad del desarrollo de la aplicación como el cliente lo solicitó y se hicieron modificaciones a los mismos dadas las limitaciones del dispositivo móvil o bien las limitaciones en cuanto a costos, lo que derivó en cambios que se enviaron al cliente y que a su vez se adaptaron a las limitaciones expuestas, una vez que se llegó a un acuerdo se pudo pasar a la siguiente etapa.

4.2 Diseño

Para el diseño de la aplicación se tuvo que hacer toda la investigación planteada en el capítulo anterior, de la mano con el desarrollo de aplicaciones que ayudasen a determinar la mejor forma de realizar lo que el cliente estaba solicitando, para el modelo de teléfono móvil que se usaría (en un inicio se pensó para el LG MX275, y sobre la marcha del proyecto se

Capítulo 4. Análisis y metodología empleada.

cambió a un UT 8960), cubriendo así requisitos de precisión, velocidad en la obtención de la posición entre otras características.

4.3 Desarrollo

Una vez terminada la fase de diseño la cuál fue la que más tiempo le tomó al proyecto se procedió a la programación de los algoritmos que usaría la aplicación, a groso modo el modelo de programación se basó en el siguiente diagrama de flujo (Véase figura 4.2):

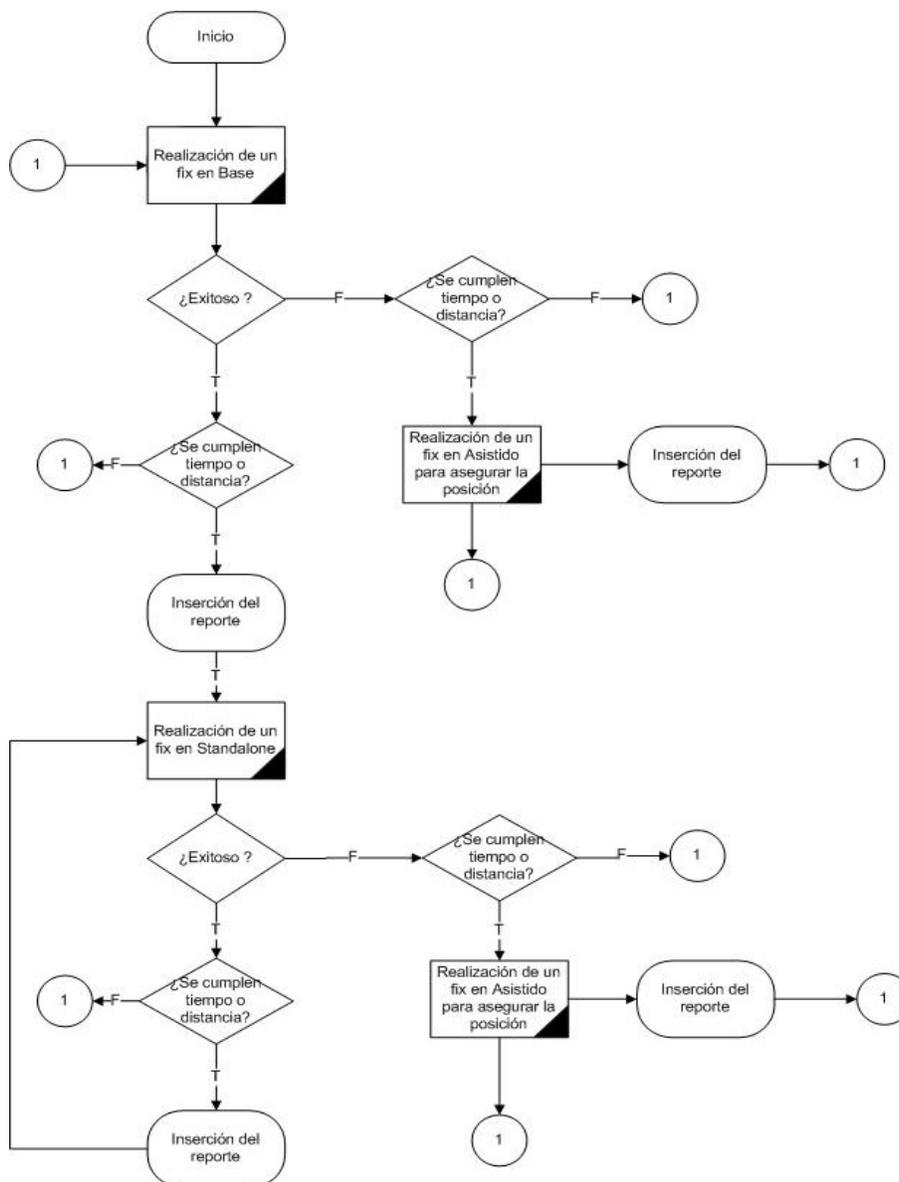


Figura 4.2. Diagrama de flujo de la aplicación

Capítulo 4. Análisis y metodología empleada.

De manera análoga se programó el algoritmo de medición de distancia el cual está hecho con un almacenamiento de 10 registros con los cuales se van realizando las debidas mediciones hasta que finalmente se encuentra la distancia que el usuario solicita, en el momento que se inserta un reporte por distancia se toma como base la medición insertada y se vuelve a hacer el almacenamiento de los datos.

4.4 Pruebas

Las pruebas del sistema se iniciaron desde el momento en el que se realizó la calibración del GPS para el teléfono LG MX275, y el cambio al UT 8960 se realizaron pruebas para:

- ⊕ Calibración del GPS del nuevo teléfono UT 8960.
- Precisión de los modos asistidos, base y standalone.
- ⊕ Revisión de las distancias que estaba midiendo el teléfono y su comparación con herramientas como Google Earth.
- Verificación de los modos correctos de operación, ya que en algunos teléfonos a pesar de configurarlo bien desde BREW, la configuración no se ve respetada (para esto se usó la herramienta QXDM).
- Verificación de la transmisión correcta de los datos con el cliente, a la par de la verificación en la cuenta del portal que se nos dio.
- ⊕ Comparación del log del teléfono con el log registrado en la base de datos del cliente.
- Verificación de rastreos largos, con variaciones en tiempo y distancia.
- ⊕ Verificación del comportamiento del equipo en un lugar sin señal.

Las pruebas finales se hicieron con 3 equipos diferentes, en modos de rastreo por tiempo, por distancia y por tiempo y distancia, para ver como trazaba cada uno su ruta.

4.5 Implementación del sistema

La implementación del sistema, dado que es un proyecto que debe ser certificado por Qualcomm se hace de la siguiente manera, se crea un proyecto de certificación que contiene archivos exclusivos de ésta aplicación y después de ejercer las pruebas adecuadas (contenidas en el TBT, o True Brew Testing), realizadas por lusacell, se manda a verificación a Qualcomm para que él lo lance en catalogo y dicha aplicación sea descargable dependiendo el modelo del teléfono, en éste caso sólo para el UT 8960.

4.6 Mantenimiento

El mantenimiento de éste tipo de aplicaciones se da al momento de “replicar” es decir si ya tenemos la aplicación para un modelo de teléfono lo que sigue es lanzarlo para otros modelos afines, si es que el cliente lo solicita, y al momento de volver a realizar pruebas si se encuentran inconsistencias o errores se lanza una nueva versión, o bien si el cliente así lo solicita.

5. PARTICIPACIÓN PROFESIONAL

Capítulo 5. Participación Profesional.

A lo largo del desarrollo del proyecto que he descrito, mi participación profesional ha sido en todas las etapas de creación de la aplicación, dicho proyecto fue encargado para un solo programador, teniendo como líder de proyecto a la Lic. Janet Rivas Mendoza y como director del mismo al Ing. Rafael Hernández Rivero director del área de aplicaciones móviles en Iusacell.

Durante el análisis de los requerimientos mi participación consistió en trabajar de manera directa con el cliente atendiendo a lo que solicitaba y analizando con mi líder de proyecto cuales eran viables y cuáles no.

Realicé la optimización de algoritmos existentes que podían servir como base para el proyecto, así como la creación de nuevos algoritmos como el del cálculo de distancia y optimización del tipo de ubicaciones a realizar.

Estuve a cargo de una profunda investigación de la parte operativa del GPS en los teléfonos móviles y como lograr optimizar la misma, para alcanzar una reducción de costos y un menor número de sesiones con el servidor de posicionamiento.

En el proceso de pruebas fui la encargada de realizar en campo la obtención de los datos, de llevar a cabo la investigación del funcionamiento de herramientas para monitoreo de dispositivos móviles.

Fui la encargada de hacer pruebas en diversas partes de la ciudad para medir precisión y buen funcionamiento del GPS del teléfono móvil, así como realizar pruebas en diferentes condiciones atmosféricas para constatar el funcionamiento óptimo de algunos modos de operación del equipo.

Dado que las pruebas de la aplicación fueron diferentes, se realizaron por módulos, al finalizar el módulo de distancia se constató que lo hiciese de la manera que se esperaba, de igual manera con el módulo de tiempo y con la combinación de éstos, teniendo finalmente pruebas unificadas en las cuales se logró probar la funcionalidad de dichos módulos en conjunto.

Para poder terminar las pruebas se hizo uso del TBT que nos proporciona Qualcomm para saber que el funcionamiento de la aplicación era el adecuado.

También fui el enlace directo con áreas como, rastreo, laboratorio y ventas para la terminación con éxito de dicho proyecto.

Me vi involucrada en diferentes áreas de la empresa para lograr dar a nuestro cliente el producto que él necesita, haciendo uso de la mejora del rastreo que ya se tenía en aplicaciones como Ubicacel y Ubicacel Familiar.

Capítulo 5. Participación Profesional.

La implementación de los métodos de rastreo asistido, base o standalone no se consideraron bajo precisión si no con base en la optimización directa con el PDE.

Finalmente puedo decir que mi aportación a dicho proyecto fue exitosa, dado que estuve a cargo de cada una de las fases de desarrollo, teniendo como se esperaban buenos resultados y una aplicación que funciona como el cliente lo solicitó, sin perjudicar los intereses de la empresa.

6. RESULTADOS Y APORTACIONES

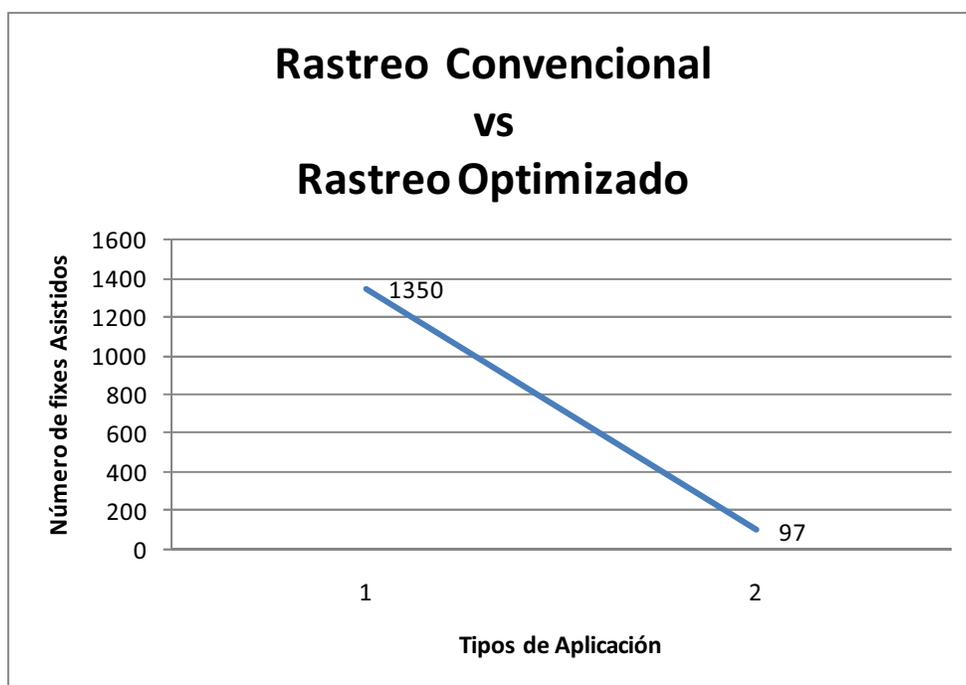
Capítulo 6. Resultados y Aportaciones.

La meta más importante que se tenía en este proyecto era encontrar un nuevo paradigma de rastreo en los equipos el cual nos ayudara a reducir costos en cuánto a ubicaciones de tipo asistidas, dado que en otro tipo de aplicaciones como Ubicacel Familiar o Ubicacel se hace uso de éste tipo de tecnología.

Como ejemplo de la optimización que logré en este ámbito tenemos lo siguiente: Considerando que los rastreos anteriores se hacían basados en ubicaciones asistidas y que en ésta aplicación realizamos ubicaciones cada 30 segundos, obtenemos, que si rastreamos un equipo durante 1 día dicho equipo realizará en condiciones óptimas, un total de: 2880 ubicaciones en un día

De las cuales si hacemos un rastreo convencional con el paradigma anterior de rastreo tenemos un aproximado de 1350 ubicaciones asistidas por día.

Contra 97 ubicaciones asistidas con el nuevo modelo de rastreo para este proyecto logrando disminuir en más de 1200 las ubicaciones asistidas, como se muestra a continuación:



Donde:

1, es el rastreo anterior

2, es el rastreo de ésta aplicación

Capítulo 6. Resultados y Aportaciones.

Estos datos son obtenidos directamente con el área encargada de monitorear el número de sesiones con los servidores especializados.

Hablando en optimización económica si contamos que la sesión para iniciar una ubicación en modo asistido tiene un costo aproximado de 40 dls obtenemos la siguiente comparativa:



Estos datos son sólo para un equipo, no debemos de olvidar que las flotillas que se rastrearán son muy grandes por lo que la reducción de costos y el número de sesiones disminuye en proporción al número de equipos a rastrear.

Ahora bien podemos observar a simple vista que para esta aplicación del lado del rastreo se encuentra mejorado respecto a otras aplicaciones lo que hace que este proyecto tenga ventajas sobre otros que existen en el mercado, sin embargo cabe destacar que al realizar nosotros las ubicaciones con una diferencia de 30 segundos entre cada uno de ellos, la batería del equipo móvil dura muy poco, estamos hablando de un día, sin embargo éste inconveniente se le indicó al cliente y la solución del mismo fue que la aplicación pudiera variar este parámetro y dejar como mínimo un intervalo de 30 segundos, sin embargo se puede configurar hasta 10 minutos, pero para fines de ésta aplicación no se consideró como un factor muy importante el rendimiento de la batería.

Por otro lado con esta aplicación y la de calibración del GPS se logró iniciar la migración de varios proyectos a modos híbridos o mejorados de GPS, como una nueva versión de Ubicacel, y rastreos de otras aplicaciones. Considero que la mayor aportación que tuve con éste proyecto fue abrir el panorama con el que se venía programando el rastreo en la empresa, dado que toda la investigación realizada sirve y servirá no sólo para mejorar proyectos de

Capítulo 6. Resultados y Aportaciones.

nuestra área que es la programación de equipos móviles con BREW, si no que las herramientas generadas ayudan en diversos ámbitos como la homologación de teléfonos y en la mejora de segmentos de otras aplicaciones que no sólo usen el GPS para rastreo.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de este proyecto fue la optimización de los modos operativos del GPS en un dispositivo móvil, para minimizar costos y realizar un rastreo con buena precisión, por lo que ya se ha descrito anteriormente se puede observar que el objetivo se cumplió ampliamente, cubriendo de manera exitosa todos los requerimientos que el cliente nos dio.

En el ámbito del desarrollo de software puedo decir que se obtuvo un software de calidad con las pruebas necesarias para que Qualcomm lo certifique, es decir cumplió con el TBT (True Brew Testing) y todas las pruebas a las que se sometió.

Se logró una optimización de costos mayor a la esperada, dada la cooperación de diversas áreas de la empresa.

En el ámbito profesional puedo decir que esta aplicación me ha enseñado de manera práctica la forma en la que se trabaja en equipo, ya que a lo largo de todo el desarrollo tuve que estar en contacto con diversas áreas, no sólo afines a la programación, y de igual modo tuve la oportunidad de aprender con ellos.

Considero que el hecho de trabajar en éste proyecto me ha dado un gran panorama sobre muchas de las aplicaciones que se realizan en Lusacel, y me ha ayudado a mejorar diferentes aplicaciones que he estado desarrollando hasta el día de hoy, ésta aplicación sin lugar a duda ha sido un parteaguas en el desarrollo de otras como la versión híbrida de Ubicacel o bien la parte de rastreo de Ubicacel Familiar, en la cual se realizó una mejora en el segmento de rastreo, y puedo decir que el tiempo que me lleve en la investigación se ve reflejado en el ahorro de recursos en otras aplicaciones.

Cabe mencionar que una carrera de ingeniería implica saber resolver problemas y a lo largo de la realización de éste proyecto me encontré con muchos, mismos que fui resolviendo poco a poco basándome en conocimientos nuevos y gracias al apoyo del departamento especializado en rastreo, el cual estuvo siempre al pendiente de los cambios que se hacían en la aplicación y de la forma de mejorar día a día el desarrollo del mismo.

Por todo esto puedo concluir que el beneficio no fue solo para la empresa en cuanto a costos, o en cuanto a lo que pueda ayudar en aplicaciones futuras, si no el crecimiento profesional que he tenido a lo largo de mi estancia en la empresa y el hecho de ser la persona encargada de cada módulo de ubicación en una aplicación, me llena de una gran satisfacción profesional, porque puedo decir que el cumplimiento de mi labor ha sido el apropiado, viéndolo reflejado en mi desarrollo profesional y en beneficios para la empresa en la que laboro.

GLOSARIO

- ⊖ **3G:** Tercera generación de telefonía Celular
- ⊖ **3GPP:** (3rd Generation Partnership Project.).Acuerdo de colaboración tecnológica.
- ⊖ **A-GPS:** (Assisted Global Positioning System). Sistema de posicionamiento global asistido.
- ⊖ **BTS:** (Base Transceiver Station). Estación base.
- ⊖ **CDMA:** (Code-Division Multiple Access). Acceso Múltiple por División de Código.
- **EVDO :** (Evolution-Data Optimized o Evolution-Data Only).Evolución de Datos Optimizados.
- ⊖ **Glonass:** (Global Orbiting Navigation Satellite System). Sistema satelital de órbita global de navegación.
- ⊖ **GMT:** (Greenwich Mean Time).Tiempo del meridiano de Greenwich.
- **GPRS:** (General Packet Radio Service). Paquete general de radio servicio.
- ⊖ **GPS:** (Global Positioning System). Sistema global de posicionamiento.
- ⊖ **GSM :** (Global system Mobile). Sistema global móvil.
- ⊖ **GTD:** (Geometric Time Difference). Diferencia de tiempo geométrica.
- ⊖ **NAVSTAR:** (Navigation Satellite Timing and Ranging). Satélite de navegación sincronizado y alcance.
- ⊖ **OTD :** (Observed Time Difference). Diferencia observada de tiempo.
- ⊖ **OTDOA:** (Observed Time Difference of Arrival). Diferencia de tiempo de llegada.
- ⊖ **RTD:** (Real Time Differences). Diferencia de tiempo real.
- ⊖ **TBT:** (True Brew Testing). Pruebas Brew.
- ⊖ **TDOA:** (Time Difference of Arrival). Tiempo de diferencia de llegada.
- ⊖ **TOA:** (Time of Arrival). Tiempo de llegada.

- ⊕ **UMTS:** (Universal Mobile Telecommunications System). Sistema Universal de Telecomunicaciones móviles.
- ⊕ **WCDMA:** (Wideband Code Division Multiple Access). Acceso múltiple por división de código de banda ancha.

REFERENCIAS

Bibliografía

- ARANDA E, DE LA PAZ A, BERBERANA I, GONZÁLEZ H. (2001) Sistemas de localización en redes móviles: el servicio de emergencias 112. Comunicaciones de Telefónica I número 21, pp. 117-131. Madrid.
- BREW® API Reference version 3.1.5.Qualcomm.
- HERNANDO JM. (1997). Comunicaciones Móviles. Ed. Centro de Estudios Ramón
- STROH S. (2003). Ultra-Wideband: Multimedia Unplugged. IEEE Spectrum. Vol. 40, N.9. Pp. 23-27. IEEE.
- SWEDBERG G. (1999). La solución de localización móvil de Ericsson. Ericsson Review, número 4, pp. 214-221.
- SALAS GARCÍA Mario Francis, GAMBI FERNÁNDEZ Jos María. Efectos relativistas de segundo orden en navegación con GPS y geolocalización. Universidad Carlos III de Madrid. 184 páginas
- MUÑOZ NIETO Ángel Luis, PÉREZ GUTIÉRREZ Carlos. Teledetección: Nociones y Aplicaciones. Trillas, 1986.

Mesografía

- http://brew.qualcomm.com/brew/en/developer/commercialization/application_testing.html
- <http://personales.ya.com/casanchi/ast/latierra.htm>
- <http://tecnyc.com/wp-content/uploads/gps1.jpg&imgrefurl=http://tecnyc.com/gps-sistema-de-posicionamiento-global/&usq=5e9UE23eB35GB1luQf34y05MpqQ=&h=300&w=300&sz=21&hl=es&start=5&sig2=NIwvnl2bYBboMwdxZ5CV7g&tbnid=h4EcERs62XxY1M:&tbnh=116&tbnw=116&prev=/images%3Fq%3DGPS%26hl%3Des%26sa%3DG&ei=LgDTSdDoC-L3nQeFh6TJBQ>
- <http://www.monografias.com/trabajos29/ciclo-sistema/ciclo-sistema.shtml#ciclo>
- <http://www.ordenadores-y-portatiles.com/gps.html>

ÍNDICE

A

A-flt y e-flt.....	26
Algunas aplicaciones.....	10
Altitud.....	36
Análisis de requerimientos.....	52
Análisis y metodología empleada.....	51
Antecedentes del proyecto.....	3

C

Cálculo de la distancia entre dos puntos en el plano xy.....	38
Colatitud.....	36
Conceptos para el cálculo de distancia.....	28
Conclusiones.....	62
Coordenadas terrestres.....	34

D

Definición del problema.....	12
Desarrollo.....	14
Determinación del método para el cálculo de la distancia.....	39
Diseño.....	52
Distancia entre dos puntos de la superficie terrestre.....	36

E

El planeta tierra.....	23
El sistema de posicionamiento global.....	21

F

Funcionamiento del gps.....	8
-----------------------------	---

G

Gps asistido.....	26
-------------------	----

H

Huella multitrayecto.....	24
---------------------------	----

I

Implementación de los modos de operación del teléfono	41
Implementación de requerimientos.....	44
Implementación del sistema	54
Introducción	1

L

Latitud geográfica	35
Localización en redes de telefonía móvil	22
Longitud geográfica	35

M

Mantenimiento.....	54
Método basado en el tiempo de llegada.....	19
Método basado en la diferencia en el tiempo de llegada.....	20
Método basado en la potencia de la señal recibida.....	18
Método de ángulo de llegada.....	17
Método de identificación por celda	16
Métodos basados en tiempo.....	19
Métodos de localización en exteriores	20
Métodos de localización en interiores	16
Movimiento de la tierra.....	30
Movimiento de nutación	33
Movimiento de precesión	32
Movimiento de rotación.....	30
Movimiento de traslación	30

O

Orígenes del gps	6
------------------------	---

P

Participación profesional.....	55
Pruebas.....	54

R

Referencias.....	64
Resultados y aportaciones.....	58

T

Técnicas basadas en la identidad celular.....	23
Técnicas basadas en red.....	24
Técnicas basadas en terminal móvil.....	25
Toa y tdoa.....	24
