



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

*FACULTAD DE INGENIERÍA*

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Titulo del proyecto**

**“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN A  
TRAVÉS DE UNA RED UMTS”**

*Autora: JUMA VACACELA VERÓNICA ALEXANDRA*

**Director: ING. DANIEL SANTILLÁN**

**Riobamba – Ecuador**

**2011**

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título:

“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN A TRAVÉS  
DE UNA RED UMTS”

Presentado por: Juma Vacacela Verónica Alexandra

Y dirigida por: Ing. Daniel Santillán.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Yesenia Cevallos

.....

Presidente del Tribunal

Firma

Ing. Daniel Santillán

.....

Director del Proyecto

Firma

Ing. Fabián Gunsha

.....

Miembro del Tribunal

Firma

### **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Verónica Alexandra Juma Vacacela y del Director del Proyecto Ing. Daniel Santillán; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

.....

Verónica A. Juma V.

.....

Ing. Daniel Santillán

## **AGRADECIMIENTO**

Al dador de mis días, “Dios”, por permitirme alcanzar esta meta anhelada de mi vida, a mi Madre, a mis Maestros, a mis Amigos y a todos los que día a día con sus consejos han sabido elevar mi espíritu hacia el trabajo, la verdad y la justicia.

## **DEDICATORIA**

Para mis padres “Raúl y Rosita”, de manera especial y con cariño a mi Madre, por ser quien apoyado mi carrera estudiantil.

A mis verdaderos amigos quienes compartieron momentos de lucha, dedicación, tristeza y alegría, dentro y fuera del aula.

## ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES.....	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. General.....	2
1.2.2. Específicos.....	3
1.3. Justificación.....	3
<b>CAPÍTULO II</b>	
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1. LOCALIZACION.....	4
2.1.1. Navegación.....	6
2.1.2. Lugares para navegación.....	6
2.2. METODOS DE POSICIONAMIENTO.....	8
2.2.1. Posicionamiento basado en Cobertura de Celda.....	8
2.2.2. Posicionamiento basado en Tiempo de Viaje Redondo (RTT).....	9
2.2.3. Posicionamiento por Tiempo de Arribo TOA.....	10
2.2.4. Posicionamiento por Angulo de Arribo AOA.....	11

2.2.5. Tiempo de Diferencia de Arribo (TDOA) y Curvas Hiperbólicas.....	15
2.2.5.1. Hipérbola.....	17
2.2.6. Sistema de Posicionamiento Global GPS.....	20
2.3. TELEFONÍA CELULAR.....	22
2.3.1. Evolución de la telefonía Celular.....	23
2.3.1.1. Primera Generación.....	24
2.3.1.2. Segunda Generación.....	24
2.3.1.3. Tercera Generación.....	27
2.3.1.4. Cuarta Generación.....	28
2.4. REDES UMTS.....	28
2.4.1. Introducción a las Redes UMTS.....	28
2.4.2. Capacidades.....	30
2.4.3. Descripción de la Arquitectura del Sistema.....	30
2.4.3.1. Equipo del usuario.....	32
2.4.3.2. Interfaz Uu.....	33
2.4.3.3. Subsistema de Red de Radio.....	33
2.4.3.4. RNC (Radio Network Controller).....	34
2.4.4. Nodo B.....	35
2.4.5. Interfaz Iu.....	36
2.4.6. Red Central (Core Network).....	37
2.4.7. MSC (Mobile Switching Center).....	38
2.4.8. SGSN (Serving GPRS Support Node).....	39
2.5. PROTOCOLOS.....	40
2.6. INTERFAZ DE AIRE.....	41
2.7. ENSANCHAMIENTO (SPREADING).....	42
2.8. FRAMES, SLOTS Y CANALES.....	44
2.9. PAQUETE DE DATOS.....	46
2.10. HANDOVER.....	47

### **CAPÍTULO III**

3.1.POSICIONAMIENTO EN REDES UMTS.....	48
3.2.COMPONENTE DE POSICIONAMIENTO UMTS.....	49
3.3.METODOS BASADO EN CELDA.....	51
3.4.TDOA.....	53
3.5.GPS ASISTIDO EN UMTS (A-GPS).....	55

### **CAPÍTULO IV**

4.1.SIMULACION DE LAS TECNICAS DE LOCALIZACION CELL ID+AOA, TDOA, A-GPS.....	58
4.2.ANALISIS COMPARATIVO DE LOS METODOS DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION.....	72

### **CAPÍTULO V**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
5.1.CONCLUSIONES.....	74
5.2.RECOMENDACIONES.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS.....	79

ANEXO A: RADIO BASES UBICADAS EN ZONAS RURALES

ANEXO B: RADIO BASES UBICADAS EN ZONAS URBANAS



ANEXO C: MÉTODO DE COBERTURA DE CELDA (CELL ID+AOA) CON DATOS IDEALES

ANEXO D: MÉTODO DE COBERTURA DE CELDA (CELL ID+AOA) CON DATOS REALES

ANEXO E: MÉTODO DE DIFERENCIA DE TIEMPO DE ARRIBO (TDoA) Y CURVAS HIPERBOLICAS CON DATOS IDEALES

ANEXO F: MÉTODO DE DIFERENCIA DE TIEMPO DE ARRIBO (TDoA) Y CURVAS HIPERBOLICAS CON DATOS REALES

ANEXO G: MÉTODO ASISTIDO POR GPS CON DATOS IDEALES

ANEXO H: MÉTODO ASISTIDO POR GPS CON DATOS REALES

ANEXO I: MANUAL DE USUARIO GPS GARMIN ETREX VISTA HCX

ANEXO J: DATOS RECIBIDOS POR EL GPS

ANEXO K: LINEAS DE PROGRAMACION DE LOS METODOS DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION A TRAVES DE UNA RED UMTS

## ABREVIATURAS

3GPP	3rd Generation Partnership Project
A-GPS	Assisted GPS
AICH	Acquisition Indicator Channel
AOA	Angle of Arrival
AT	Absolute Time
AuC	Authentication Center
BCCH	Broadcast Control Channel
BCH	Broadcast Channel
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Station Transceiver
CCCH	Common Control CHannel
CD/CA-ICH	Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel
CDMA	Code Division Multiple Access
CPCH	Common Packet CHannel
CPICH	Common Pilot CHannel
CSICH	CPCH Status Indicator CHannel
CTCH	Common Traffic CHannel
DCCH	Dedicated Control CHannel
DCH	Dedicated CHannel
D-GPS	Differential GPS
DPCCH	Dedicated Physical Communication CHannel
DPDCH	Dedicated Physical Data CHannel
DQPSK	Differential QPSK
DRNC	Drifting RNC
DSCH	Downlink Shared CHannel
DTCH	Dedicated Traffic CHannel
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EIR	Equipment Identity Register
E-OTD	Enhanced-Observed Time Difference
FACH	Forward Access CHannel
FBI	FeedBack Information
FDD	Frequency Division Duplexing
GERAN	GSM/EDGE Radio Access Network
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GLR	Gateway Location Register
GMLC	Gateway Mobile Location Centre
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service

GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
GTD	Geometric Time Difference
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HS-DSCH	High Speed DSCH
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
LBS	Location-based Services
LCAF	Location Client Authorization Function
LCCF	Location Client Control Function
LCCTF	Location Client Coordinate Transformation Function
LCF	Location Client Function
LCS	LoCation Services
LCZTF	Location Client Zone Transformation Function
LMU	Location Measurement Unit
LSAF	Location Subscriber Authorization Function
LSBcF	Location System Broadcast Function
LSBF	Location System Billing Function
LSCF	Location System Control Function
LSOF	Location System Operations Function
LSPF	Location Subscriber Privacy Function
LSTF	Location Subscriber Translation Function
MAC	Medium Access Control; Message Authentication Code
MS	Mobile Station
MSC	Mobile service Switching Centre
MSISDN	Mobile Subscriber ISDN
NPDB	Number Portability DataBase
OTD	Observed Time Difference
OTDoA-IPDL	Observed Time Difference of Arrival-Idle Period DownLink
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
P_CCPCCH	Primary Common Control Physical Channel
PCCH	Paging Control CHannel
P-CCPCCH	Primary Common Control Physical Channel
PCH	Paging Channel
PCPCH	Physical Communication Packet Channel
PCF	Positioning Calculation Function
PDSCH	Physical Downlink Shared CHannel
PDU	Packet Data Unit; Protocol Data Unit
PICH	Paging Indicator CHannel

PLMN	Public Land Mobile Network
PN	Pseudo Noise
POI	Privacy Override Indicator
PRACH	Packet Random Access CHannel
PRCF	Positioning Radio Coordination Function
PRRM	Positioning Radio Resource Management
P-SCH	Primary SCH
PSMF	Positioning Signal Measurement Function
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RACH	Random Access CHannel
RIT	Radio Interface Timing
RLC	Radio Link Control
RMS	root mean square
RBS	Radio Base Station
RNBP	Reference Node Base Positioning
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network Subsystem
RRC	Radio Resource Control
RSCP	Received Signal Code Power
RSS	Received Signal Strenght
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RTD	Real Time Difference
RTT	Round Trip Time
SAS	Standalone SMLC
SCCPCH	Secondary Common Control Physical Channel
SCH	Synchronisation CHannel
SFN	System Frame Number
SGSN	Serving GPRS Support Node
SHCCH	Shared Channel Control Channel
SIM	Subscriber Identification Module
SMLC	Serving Mobile Location Centre
SMS	Short Message Service
SRNC	Serving Radio Network Controller
S-SCH	Secondary Synchronisation CHannel
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TDofA	Time Difference of Arrival
TFCI	Transport Format Combination Indicator
TGL	Transmission Gap Lengths
TOA	Tiempo de Arribo
TPC	Transmit Power Control
UARFCN	UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number

UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USIM	Universal Subscriber Identity Module
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VLR	Visitor Location Register
W-CDMA	Wideband-Code Division Multiple Access

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Zonas descriptivas.....	6
Figura 2	Zonas espaciales.....	7
Figura 3	Zonas de red.....	7
Figura 4	Configuración de medición de localización de TDOA.....	10
Figura 5	Configuración de medición de localización de TDOA para datos ideales.....	11
Figura 6	Configuración de medición de localización de TDOA para datos ideales.....	13
Figura 7	Geometría del método de localización TDOA.....	16
Figura 8	Localización TDOA usando tres estaciones fijas.....	19
Figura 9	Sistema de Posicionamiento Global GPS.....	20
Figura 10	Celdas Telefónicas.....	22
Figura 11	Evolución de la telefonía Celular.....	23
Figura 12	Espectro Radioeléctrico asignado por Regiones.....	27
Figura 13	Arquitectura de dominios UMTS.....	30
Figura 14	Arquitectura de la Red UMTS.....	31
Figura 15	Proceso de ensanchamiento y scrambling.....	43
Figura 16	Estructura de frame y slot.....	45
Figura 17	Ramas de señal entre el terminal y la estación base.....	49

Figura 18 Arquitectura de posicionamiento UMTS.....	50
Figura 19 Control de posicionamiento basado en celda.....	52
Figura 20 Mediciones RIT y OTD.....	54
Figura 21 Arquitectura A-GPS.....	56
Figura 22 Proceso de posicionamiento A-GPS.....	57
Figura 23 Menú y presentación de la simulación.....	60
Figura 24 El SRNC realizando un pagin.....	61
Figura 25 Celda en la que se encuentra el móvil.....	62
Figura 26 Refinamiento de la posición usando RTT y AOA.....	63
Figura 27 Posicionamiento del UE usando TDOA.....	65
Figura 28 Construcción de la Red UMTS.....	66
Figura 29 Triangulación de los satélites.....	67
Figura 30 Estación de Referencia recibiendo la datas de asistencia de los satélites.....	68
Figura 31 Móvil recibiendo datos de la Red UMTS.....	69
Figura 32 Posición del UE usando la Red A-GPS.....	70

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Distancia entre el terminal y la BTS.....	9
Ecuación 2	Distancias.....	10
Ecuación 3	Ecuación de los círculos.....	11
Ecuación 4	Coordenadas X y Y para datos ideales.....	12
Ecuación 5	Coordenadas X y Y para datos reales.....	14
Ecuación 6	Ecuación de la hipérbola con origen (0,0) datos ideales...	17
Ecuación 7	Ecuación de la hipérbola con origen diferente de (0,0)  datos reales.....	17
Ecuación 8	Semiejes de la hipérbola.....	18
Ecuación 9	Hipérbola abierta de derecha a izquierda.....	18
Ecuación 10	Hipérbola abierta de arriba-abajo.....	18

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Banda de frecuencia UMTS.....	41
---------	-------------------------------	----



## **RESUMEN**

En esta Tesis se plantea el estudio y simulación de un Sistema de Ubicación y Localización a través de una Red UMTS, aplicando los diferentes métodos de posicionamiento como son: posicionamiento basado en cobertura de celda, posicionamiento basado en tiempo de viaje redondo (RTT Round Tripe Time), posicionamiento por tiempo de arribo (TOA), posicionamiento por ángulo de arribo (AOA), tiempo de diferencia de arribo (TDOA) y curvas hiperbólicas, y método asistido por GPS.

Estos métodos proporcionan información de distancia, ángulo, número de celda y coordenadas geográficas que ubican al móvil con respecto a su radio base más cercana, facilitando la ubicación y localización para quien requiera de este servicio.

## **ABSTRACT**

This thesis presents the study and simulation of a Location System through a UMTS network, using different positioning methods such as: positioning based on cell coverage, positioning based on round trip time (RTT Round Trip time), positioning time of arrival (TOA) positioning angle of arrival (AOA), time difference of arrival (TDOA) and hyperbolic curves, and GPS-assisted method.

These methods provide information on distance, angle, cell number and geographic coordinates that locate the mobile with respect to its nearest base station, facilitating the placement and location for those who require this service.

## INTRODUCCIÓN

La red UMTS (**Universal Mobile Telecommunications System**) o Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles es una tecnología usada por los móviles de tercera generación, es la clave para muchos servicios basados en la ubicación y localización del usuario, personas u objetos móviles.

Cabe indicar que dentro de las principales características están las capacidades multimedia, velocidad de acceso a internet elevada, la cual le permite transmitir audio y video en tiempo real; y una transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas.

Por ser esta tecnología la que está en pleno auge hoy en día y con mayor adaptación a futuras tecnologías se ha hecho uso de la misma para realizar este Estudio, ya que se encuentra en el mercado masivo y además es de fácil acceso para cualquier persona que quiera utilizar esta tecnología.

Mediante este Estudio se pretende ubicar y localizar a usuarios, personas y objetos que se encuentren dentro de una zona de cobertura de red UMTS, para ello se realizará una Simulación con tres métodos diferentes como son: *posicionamiento basado en cobertura de celda Cell Id+AOA*, *tiempo de diferencia de arribo (TDOA)* y *curvas hiperbólicas*, y *método asistido por GPS*, sin embargo se estudiarán métodos adicionales para su mejor comprensión.

Se realizará un análisis comparativo entre los tres métodos antes mencionados; se tomará datos reales de lugares colindantes a la Universidad Nacional de Chimborazo y que se expandirán a diferentes zonas de la ciudad de Riobamba.

## **CAPÍTULO I**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Hoy en día en la ciudad de Riobamba la necesidad de localizar personas, objetos o cosas tiene una demanda cada vez mayor en el contexto de los métodos de posicionamiento generales y de los métodos usados en redes UMTS, por lo que los Servicios de Localización se están convirtiendo en un servicio muy popular para los usuarios de telefonía móvil; para fines de entretenimiento, informativos y sobre todo de seguridad.

En la urbe no existe un Sistema de Ubicación y Localización a través de una Red UMTS por lo que se vuelve difícil el trabajo de encontrar personas, objetos o cosas extraviadas o robadas produciendo una pérdida de tiempo y recursos para quien necesite hallarlas o localizarlas.

### **1.2 OBJETIVOS**

#### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar el Estudio de un Sistema de Ubicación y Localización a través de una Red UMTS.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una investigación sobre los métodos de localización de terminal móvil en una red UMTS.
- Conocer las diferentes técnicas empleadas para el efecto y los procedimientos llevados a cabo en cada método.
- Representar los métodos de localización de una manera gráfica, minuciosa y comprensible, mediante una simulación.
- Realizar un análisis comparativo entre cada método aplicado en el Estudio.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Este Estudio nace de la necesidad de ubicar y localizar personas, objetos y cosas por medio de una red UMTS debido a que la mayor parte la población cuenta con un teléfono móvil, este equipo móvil será de gran utilidad a fin de brindar un servicio con integridad de información para que se pueda optimizar tiempo y recursos.

Tratando de resumir y analizar las diferentes técnicas de posicionamiento más comunes usadas en los Servicios de Localización en una red UMTS.

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 LOCALIZACIÓN

Los servicios de localización se encargan de la ubicación de personas y objetos y de hacer disponible el dato de localización resultante a actores externos.

Información de Localización y Servicios Basados en Localización son a menudo mencionados como ejemplos de servicios avanzados en redes celulares. El usuario de telefonía móvil es libre de moverse y hacer o recibir llamadas o activar servicios casi en cualquier parte. Es evidente que los beneficios de los servicios móviles pueden ser mejorados si la información es de alguna manera aplicable considerando la localización actual del móvil.

La información de localización puede ser usada para incrementar la eficiencia de los transportes de una flota, dependiendo de circunstancias tales como el cambio en las condiciones del tráfico. También es útil para rastrear paquetes que están siendo transportados y verificar su progreso. La precisión de la información de localización puede variar de unos pocos kilómetros a unos pocos metros, sin embargo la precisión puede ser vital en ciertos casos (en caso de vehículos robados o situaciones de emergencia).

Algunos de los servicios más comunes basados en localización son los siguientes:

- Provisión de instrucciones de navegación de transporte.
- Identificación de instituciones comerciales, – restaurantes, bancos, hoteles, etc.

- Rastreo de personas, animales y cosas, buscador de niños y recuperación de vehículos robados.
- Facturación celular sensible a localización.
- Detección de fraude en uso de redes celulares.
- Diseño de sistemas celulares y administración de recursos, mejora del rendimiento, ayuda a la red con los procedimientos de handoff de una base a otra, y, conociendo la localización de los suscriptores, ayudar a planear la carga y asignar canales, así también como el despliegue de celdas adicionales.
- Administración de flotas y sistemas de transporte inteligentes.
- Confinamiento de criminales a su residencia en lugar de ocupar espacio en una institución penal, un aparato de monitoreo dispara una alarma si el criminal deja el área donde le está permitido estar, pacientes con Alzheimer, etc.
- Recolección electrónica de peajes en carreteras, puentes, túneles, etc., eliminando estructuras, personal y embotellamientos.

Algunos servicios toman ventaja de la información de localización , siendo el más obvio, la navegación.

### **2.1.1 NAVEGACIÓN**

El término navegación nos da la idea de que cuando estamos en una ciudad, lugar, región que no se conoce muy bien, o se necesita encontrar una dirección en particular, o descubrir la ruta más corta a la dirección en cuestión, los LCS's son aplicados directamente en estos casos.

### 2.1.2 LUGARES PARA NAVEGACIÓN

Básicamente, son ciertos lugares en el mundo real, como un aeropuerto, un bar, una oficina o aún el lugar de residencia, es decir zonas físicas.

Las categorías de zonas físicas pueden ser divididas en 3 sub-categorías relevantes:

- Zonas descriptivas: territorios, montañas, lagos, fronteras, ciudades, países, caminos, edificios y salones dentro de un edificio, estructuras que son referidas por descripciones, nombres, identificadores o números, de ahí el nombre.

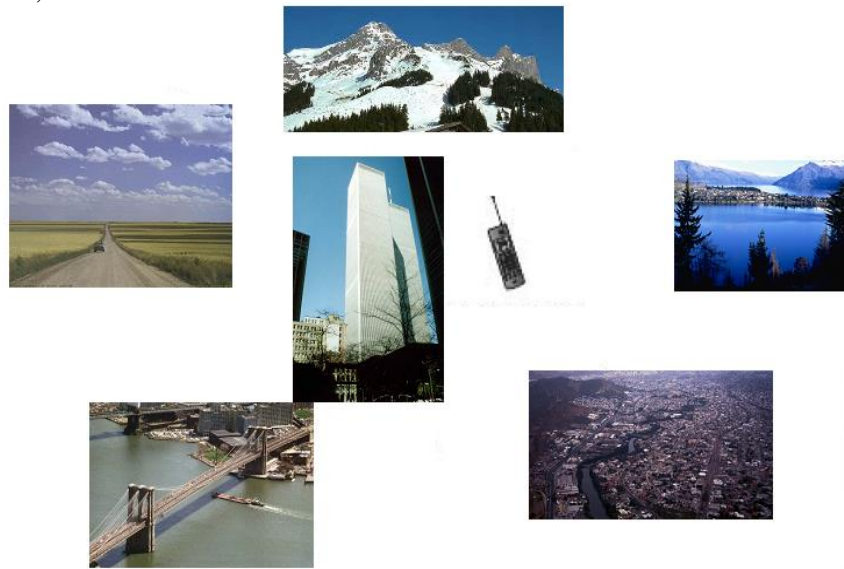


Fig.1 Zonas Descriptivas

- Zonas espaciales: un término intuitivo para esto es posición, expresado por medio de coordenadas de 2 ó 3 dimensiones.

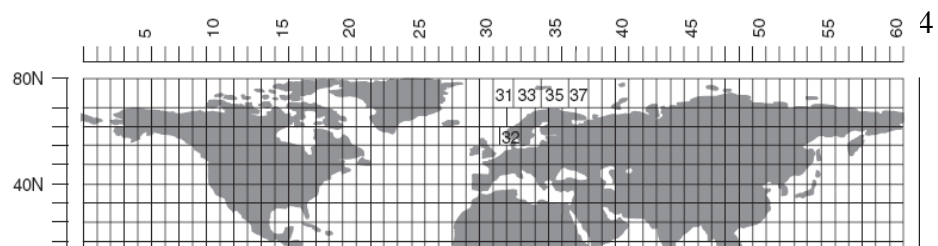




Fig.2 Zonas Espaciales

- Zonas de red: se refieren a la topología de una red de comunicaciones, estas redes están compuestas de muchas redes locales o subredes, la provisión de servicios en estas redes asume que la ubicación del móvil del usuario con respecto a la topología de la red es conocida por medio de direcciones de red, por ejemplo direcciones IP en internet o estaciones base en telefonía móvil.

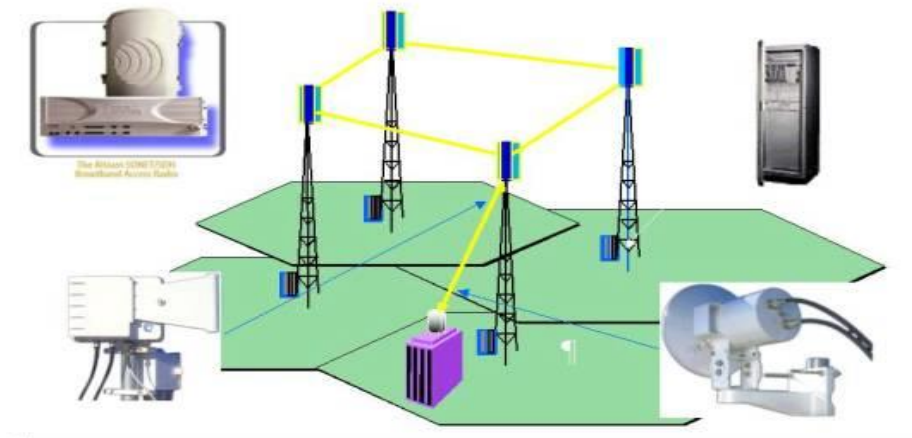


Fig.3 Zonas de Red

## 2.2 MÉTODOS DE POSICIONAMIENTO

Varios métodos han sido investigados a fin de determinar la posición geográfica de un móvil en una red celular, los más importantes son:

- Posicionamiento basado en cobertura de celda
- Posicionamiento basado en Tiempo de Viaje Redondo (RTT o Round Trip Time)
- Tiempo de Diferencia De Arribo (TDoA)
- Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- Posicionamiento por Tiempo De Arribo (TOA)
- Posicionamiento por Angulo De Arribo (AOA)

### **2.2.1 POSICIONAMIENTO BASADO EN COBERTURA DE CELDA**

La posición del terminal puede ser estimada descubriendo la celda de radio donde se encuentra el terminal. El controlador de red de radio (RNC en 3G), el controlador de estación base (BSC en 2G) o un dispositivo separado llamado Servidor del Centro de Localización Móvil (SMLC) estima las coordenadas geográficas que corresponden a la celda indicada y envía el resultado al servidor de localización en la red.

Como el tamaño/cobertura de la celda varía de acuerdo a las características del canal de radio y la estrategia de planeación de red, este método puede no cumplir la calidad de posicionamiento para ciertos servicios basados en localización, por lo tanto es a menudo combinado con AOA para determinar las coordenadas con mayor seguridad. En su forma más simple la posición es derivada de mapear el identificador de celda a las coordenadas de la estación base servidora. Si se desea, la posición puede ser más refinada tomando en cuenta la distancia entre el terminal y la estación base y el ángulo de arribo de las señales que llegan a la estación base.

### **2.2.2 POSICIONAMIENTO BASADO EN TIEMPO DE VIAJE REDONDO (RTT O ROUND TRIP TIME)**

El RTT de una señal puede también ser usado para incrementar la seguridad de la posición estimada. RTT es el tiempo de retardo de propagación de una señal viajando del terminal a la estación base y de regreso. Por tanto la distancia entre el terminal y la estación base es:

$$D = \frac{RTT}{2} \cdot c + \varepsilon$$

Ec.1 Distancia entre el terminal y la BTS

Donde D es la distancia del móvil a la BS, c la velocidad de la luz (3x10<sup>8</sup> m/s) y  $\varepsilon$  la medida del error.

### **2.2.3 POSICIONAMIENTO POR TIEMPO DE ARRIBO (TOA)**

La distancia puede ser estimada usando los datos de la fuerza de la señal recibida (RSS), o mediciones de tiempo de vuelo. Se asume que el transmisor y el receptor tienen relojes sincronizados. Entonces el receptor puede encontrar el tiempo de vuelo restando el tiempo en que la señal es recibida del tiempo de transmisión.

Las coordenadas de dos terminales fijos F1 y F2 son conocidas, si encontramos las distancias  $\rho_1$  y  $\rho_2$  podemos determinar las coordenadas de T del punto de intersección de dos círculos. Para una mayor precisión un tercer terminal fijo es requerido.

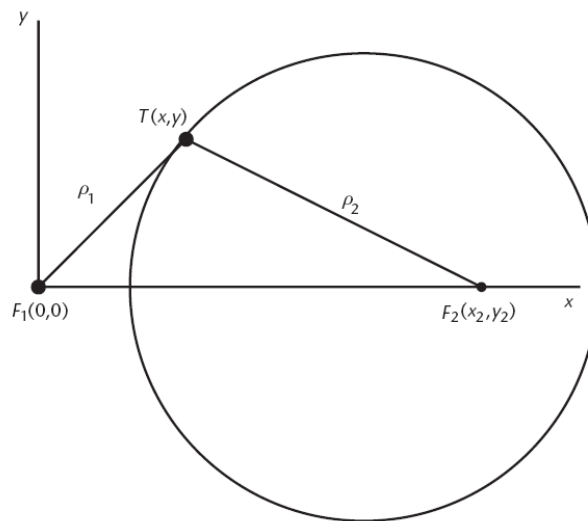


Fig.4 Configuración de medición de localización de TOA

Si asumimos que las estaciones tienen relojes de alta precisión, T envía un pulso al tiempo  $t_0$  y es recibido en F1 y F2 en los tiempos  $t_1$  y  $t_2$  respectivamente, las distancias son:

$$\rho_1 = (t_1 - t_0)c \quad \rho_2 = (t_2 - t_0)c$$

Ec.2 Distancias

Y las ecuaciones de los círculos son:

$$\rho_1^2 = x^2 + y^2$$

$$\rho_2^2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2$$

Ec.3 Ecuaciones de los círculos

#### 2.2.4 POSICIONAMIENTO POR ÁNGULO DE ARRIBO (AOA)

Se puede usar antenas direccionales en dos o más terminales fijas para encontrar la posición del objetivo cuando las coordenadas de los terminales son conocidas en relación a un punto de referencia. Una ventaja de este método es que la dirección del objetivo puede ser encontrada sin necesidad de sincronización de tiempo o restricciones del tipo de modulación o protocolo de la señal. La Fig.5 muestra el objetivo móvil T y dos estaciones fijas F1 y F2 con antenas direccionales. Las coordenadas de F1 y F2 son conocidas y se han medido los ángulos de arribo  $\theta_1$  y  $\theta_2$  de la señal referenciada en sentido del reloj desde el norte. Con el origen en F1 las coordenadas de T son:

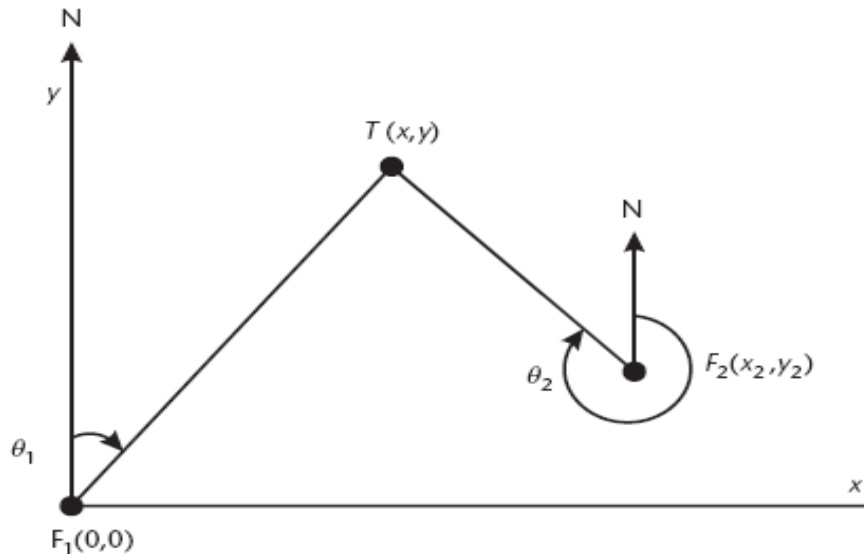
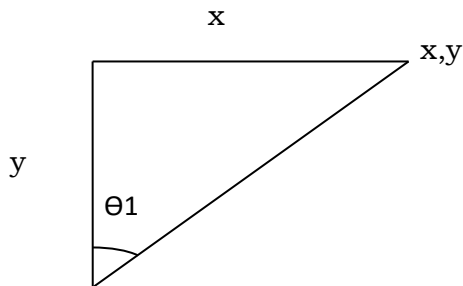


Fig.5 Configuración de medición de localización TOA para datos ideales

Resolviendo los triángulos rectángulos que se forman con los ángulos  $\theta_1$  y  $\theta_2$ , tenemos:

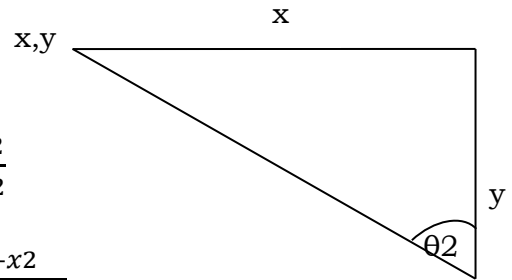


$$\tan \theta_1 = \frac{x-0}{y-0}$$

$$\tan \theta_1 = \frac{x}{y}$$

$$x = y \cdot \tan \theta_1 \quad (1)$$

0,0



$$\tan \theta_2 = \frac{x-x_2}{y-y_2}$$

$$\tan \theta_2 = \frac{y \cdot \tan \theta_1 - x_2}{y - y_2}$$

reemplazamos (1)

$$\tan \theta_2 \cdot (y - y_2) = y \cdot \tan \theta_1 - x_2$$

$$y \cdot \tan \theta_2 - y_2 \cdot \tan \theta_2 = y \cdot \tan \theta_1 - x_2$$

$$y \cdot \tan \theta_2 - y \cdot \tan \theta_1 = y_2 \cdot \tan \theta_2 - x_2$$

$$y(\tan \theta_2 - \tan \theta_1) = y_2 \cdot \tan \theta_2 - x_2$$

$$y = \frac{y_2 \cdot \tan \theta_2 - x_2}{(\tan \theta_2 - \tan \theta_1)}$$

$$y = \frac{y_2 \cdot \tan(\theta_2) - x_2}{\tan(\theta_2) - \tan(\theta_1)}$$

$$x = y \cdot \tan(\theta_1)$$

Ec.4 Coordenadas X y Y para datos ideales

Como en este proyecto se emplearon datos reales tomados en lugares colindantes a la Universidad Nacional de Chimborazo y lugares destacados de la ciudad de Riobamba; se deducen las siguientes ecuaciones y gráfica halladas a partir de la Fig.5 y la Ec.4

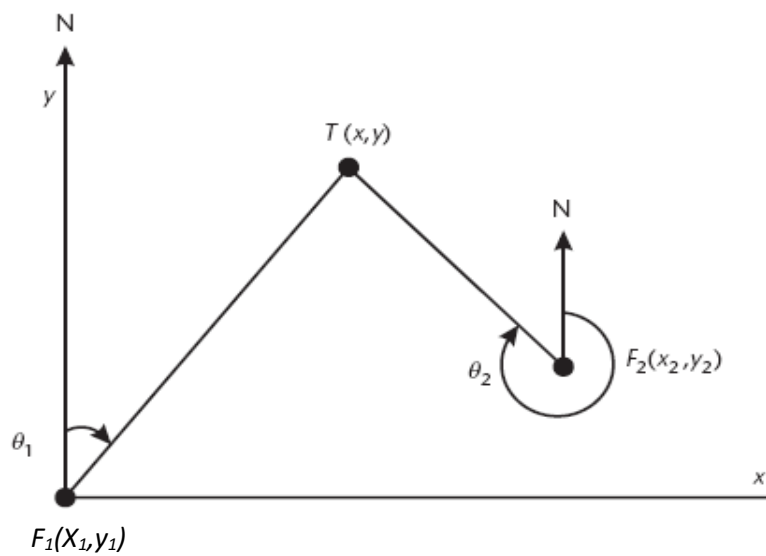


Fig.6 Configuración de medición de localización TOA para datos reales

$$\tan \theta_2 = \frac{(x-x_2)}{(x-x_1)}$$

Despejando:

$$\begin{aligned} \tan \theta_1 \cdot y - \tan \theta_1 \cdot y_1 &= x - x_1 \\ x &= \tan \theta_1 \cdot y - \tan \theta_1 \cdot y_1 + x_1 \end{aligned} \quad (1)$$

Ahora

$$\tan\theta_2 = \frac{(x - x_2)}{(y - y_2)}$$

Despejando:

$$\begin{aligned}\tan\theta_2 \cdot y - \tan\theta_2 \cdot y_2 &= x - x_2 \\ \tan\theta_2(y - y_2) &= x - x_2 \quad (2)\end{aligned}$$

Reemplazamos (1) en (2)

$$\tan\theta_2 (y - y_2) = [(\tan\theta_1(y - y_1) + x_1) - x_2]$$

$$\begin{aligned}\tan\theta_2 \cdot y - \tan\theta_2 \cdot y_2 &= [(\tan\theta_1 \cdot y - \tan\theta_1 \cdot y_1) + x_1] - x_2 \\ y(\tan\theta_2 - \tan\theta_1) &= y_2 \cdot \tan\theta_2 - y_1 \cdot \tan\theta_1 + x_1 - x_2\end{aligned}$$

$$y = \frac{y_2 \cdot \tan\theta_2 - y_1 \cdot \tan\theta_1 + x_1 - x_2}{(\tan\theta_2 - \tan\theta_1)}$$

Por lo tanto:

$$x = (\tan\theta_1 \cdot y - \tan\theta_1 \cdot y_1) + x_1 \qquad y = \frac{y_2 \cdot \tan\theta_2 - y_1 \cdot \tan\theta_1 + x_1 - x_2}{(\tan\theta_2 - \tan\theta_1)}$$

Ec.5 Coordenadas X y Y para datos reales



### 2.2.5 TIEMPO DE DIFERENCIA DE ARRIBO (TDoA) Y CURVAS HIPERBÓLICAS

Mientras TOA da una forma directa de encontrar locación a partir de la medición de la distancia, tiene desventajas para muchas aplicaciones. Relojes exactos y sincronizados deben ser mantenidos en todas las estaciones participantes en las mediciones. La información debe ser pasada del iniciador al receptor especificando cuando empezó la transmisión. TDoA no tiene esa desventaja. Todo lo que se necesita es una transmisión que tenga un punto de inicio reconocible no ambiguo. El dato usado en el cálculo es la diferencia de tiempo en la recepción desde ese punto de inicio a las diferentes estaciones base y no el tiempo de vuelo actual de la señal desde el objetivo a las estaciones fijas. En un arreglo teniendo un objetivo móvil cuyas coordenadas van a ser determinadas y dos estaciones base fijas, podemos encontrar la diferencia de tiempo de arribo de la señal enviada desde el móvil y recibida en las estaciones base. Este valor no es suficiente para calcular las coordenadas del móvil así que se necesita una estación base más. Los relojes de las estaciones fijas deben estar sincronizados, pero no el del objetivo.

La Fig.7 muestra el esquema de TDoA en dos dimensiones. El objetivo T transmite un pulso en  $t_0$  que es recibido en F1 a  $t_1$  y en F2 a  $t_2$ . Los relojes de F1 y F2 están sincronizados, pero no el de T, así que  $t_0$  es desconocido, sin embargo, la diferencia de arribo, la cual es  $t_2 - t_1 = (t_2 - t_0) - (t_1 - t_0)$  puede ser calculada.

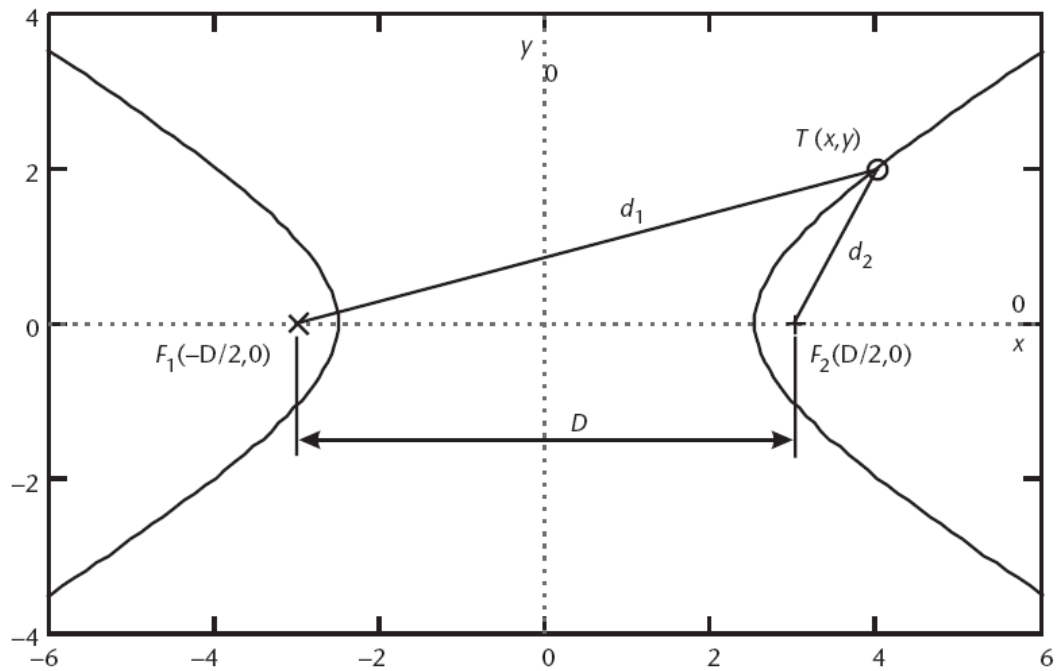


Fig.7 Geometría del Método de localización TDoA

Los tiempos en el lado derecho de la ecuación son proporcionales a las distancias  $d_1$  y  $d_2$ , ya que la distancia es proporcional al tiempo de vuelo, por lo tanto la diferencia de las distancias entre las dos estaciones fijas y el objetivo es  $\Delta d = d_2 - d_1 = c(t_2 - t_1)$ . Cuando todas las estaciones están en un plano, el lugar de los puntos cuyas diferencias de distancia desde F1 y F2,  $\Delta d$ , es constante, describe una hipérbola, en la cual se halla el objetivo buscado. La rama particular de la hipérbola donde está el objetivo, es aquella más cerca a la estación base que recibe primero la señal. La figura es trazada con F1 y F2 en el eje x y cada una a igual distancia  $D/2$  del origen.

### 2.2.5.1 HIPÉRBOLA

Una hipérbola es el lugar geométrico de los puntos de un plano tales que el valor absoluto de la diferencia de sus distancias a dos puntos fijos, llamados focos, es igual a la distancia entre los vértices, la cual es una constante positiva.

Ecuación de una hipérbola con centro en el origen de coordenadas (0,0) y ecuación de la hipérbola en su forma canónica.

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

Ec.6 Ecuación de la hipérbola con origen (0,0) datos ideales

Para datos reales:

Ecuación de una hipérbola con centro en el punto (h,k)

$$\frac{(x - h)^2}{a^2} - \frac{(y - k)^2}{b^2} = 1$$

Ec.7 Ecuación de la hipérbola con origen diferente de (0,0) datos reales

Expresando a y b en términos de cantidades conocidas  $\Delta d$  y D, tenemos:

$$a^2 = (\Delta d / 2)^2 \qquad b^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 - a^2$$

#### Ec.8 Semiejes de la Hipérbola

En este proyecto por tratarse de datos reales se aplicaron las ecuaciones paramétricas de la hipérbola.

$$\begin{matrix} x = a \sec t + h \\ y = b \tan t + k \end{matrix} \quad \circ \quad \begin{matrix} x = \pm a \cosh t + h \\ y = b \sinh t + k \end{matrix}$$

#### Ec.9 Hipérbola abierta de derecha a izquierda

$$\begin{matrix} x = a \tan t + h \\ y = b \sec t + k \end{matrix} \quad \circ \quad \begin{matrix} x = a \sinh t + h \\ y = \pm b \cosh t + k \end{matrix}$$

#### Ec.10 Hipérbola abierta de arriba a abajo

En todas las formulas (h,k) son las coordenadas del centro de la hipérbola, a es la longitud del semieje mayor, b es la longitud del semieje menor.

Es necesario usar el tiempo de arribo a una tercera estación fija para precisar la localización del objetivo. Con la adición de esta tercera estación podemos

encontrar tres diferencias de arribo entre F1 y F2, F2 y F3 y F1 y F3 . La intersección de un mínimo de dos hipérbolas, construidas de dos tiempos de arribo determinados y graficados en el mismo sistema de coordenadas, da la ubicación de T como se muestra en la Fig.4

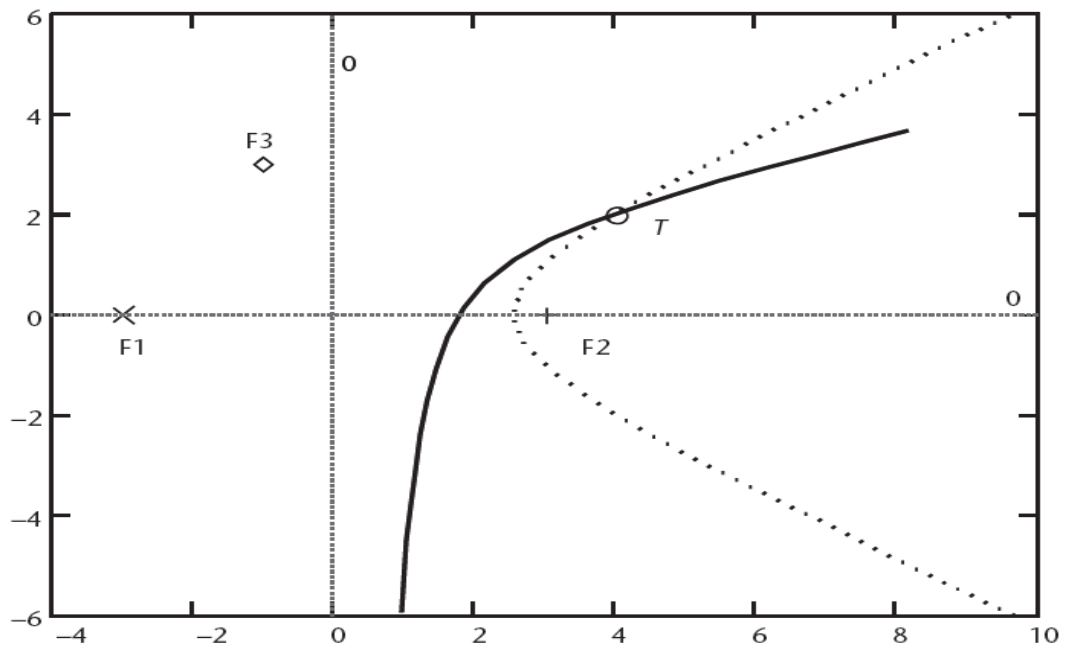


Fig.8 Localización TDoA usando 3 estaciones fijas

## 2.2.6 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

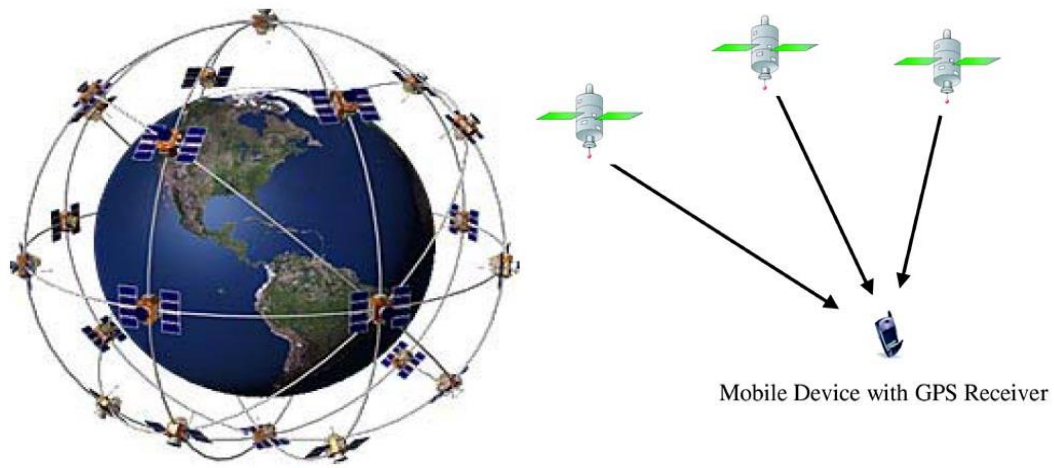


Fig.9 Sistema de posicionamiento global GPS

Es un sistema de posicionamiento basado en satélites, el cual en muchas formas ofrece la mejor ayuda de radio navegación disponible. Es operado por el gobierno de los Estados Unidos y usado con propósitos militares y públicos.

GPS puede ser combinado con aplicaciones celulares en varias maneras. El primer paso es implementar un receptor GPS en el terminal, el cual ofrece los mismos beneficios que un receptor independiente GPS.

La seguridad y velocidad de el receptor GPS puede ser radicalmente mejorada enviando data de asistencia GPS al terminal. Esto es lo que hace a GPS muy útil en la redes celulares, porque la data de asistencia GPS puede ser generada por unos pocos receptores de referencia y entregada a los terminales móviles sobre conexiones celulares.

El principio detrás de GPS está basado en el método TOA, pero, debido a la seguridad de sincronización, la implementación puede ser complicada. El satélite

GPS transmite una señal de espectro ensanchado con un cronometraje muy preciso, hacia la tierra en la banda L. Un reloj de precisión en el receptor mide el retardo de tiempo de la señal entre los satélites y el receptor. Esto permite el cálculo de la distancia del receptor a cada satélite. Cuando un receptor observa tres satélites, su posición puede ser estimada usando aproximación de triangulación. En la práctica, el reloj del receptor no necesita ser tan preciso, si las señales de un cuarto satélite son usadas para corregir los errores del reloj del receptor. La señal de radio de un satélite GPS puede formar una esfera alrededor del satélite que puede ser trazada basándose en el tiempo de viaje de la señal. Habiéndose definido tres esferas desde tres satélites, la posición del receptor es calculada como la intersección de las esferas, proveyendo coordenadas de latitud, longitud y altitud.

El posicionamiento GPS es uno de los sistemas más seguros actualmente en existencia, sin embargo los receptores normalmente deben tener línea de vista con al menos cuatro satélites, y esto a veces causa problemas, especialmente en interiores. Además, el receptor GPS incrementa los costos de manufactura y el consumo de potencia del terminal móvil. A fin de superar o al menos aliviar tales problemas, el posicionamiento GPS y la entrega de data asistida por GPS ha sido estandarizada para UMTS.

## 2.3 TELEFONÍA CELULAR

### INTRODUCCIÓN

La telefonía móvil está ganando terreno en el campo de las comunicaciones interpersonales, conjuntamente con aplicaciones basadas en Internet. El número de teléfonos móviles que se comercializa aumenta continuamente y la demanda de uso se centra mayoritariamente en la recepción y envío de mensajes cortos, lo que ha propiciado la reducción de costos y la mejora continua en los tiempos de recepción y retransmisión de los mismos por parte de las compañías de servicios.

La telefonía móvil celular se basa en un sistema de áreas de transmisión denominadas células o celdas, que abarcan áreas comprendidas entre 1,5 y 5 Km, dentro de las cuales existen una o varias estaciones repetidoras que trabajan con una determinada frecuencia, que debe ser diferente de las células circundantes. En la Fig. 10 se relaciona la distribución de las celdas y la central de comunicación.

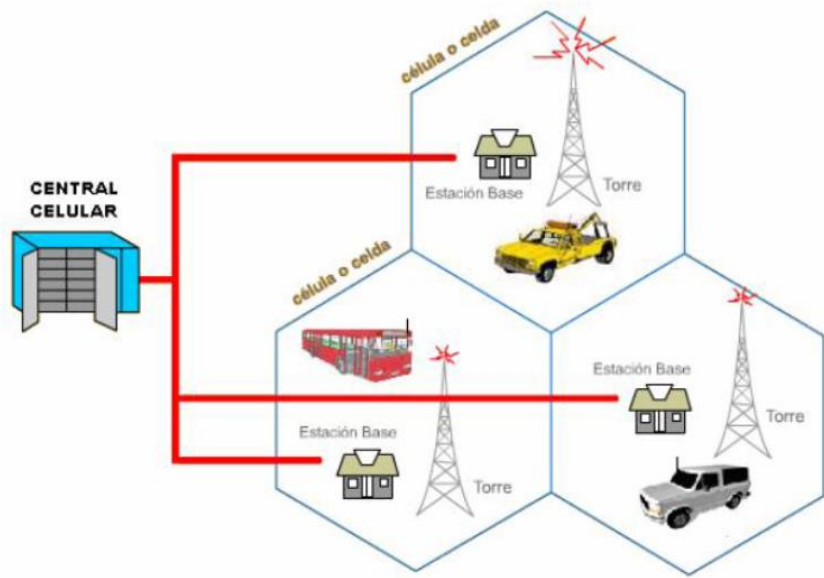


Fig.10 Celdas telefónicas



El teléfono móvil envía la señal que es recibida por la estación y es remitida a través de la red al destinatario, conforme se desplaza el usuario también se conmuta la celda receptora, variando la frecuencia que da soporte a la transmisión. Según los sistemas la señal enviará datos secuencialmente o por paquetes, que pueden estar comprimidos y encriptados.

Cada estación base está situada en una de estas celdas y tiene asignado un grupo de frecuencias de transmisión y recepción propio. Como el número de frecuencias es limitado, es posible reutilizar las mismas frecuencias en otras células, siempre que no sean adyacentes, para evitar interferencia entre ellas, permitiendo que miles de personas puedan usar los teléfonos al mismo tiempo.

### 2.3.1 EVOLUCIÓN DE LA TELEFONÍA CELULAR

La telefonía móvil ha evolucionado a partir de las nuevas necesidades del usuario. Su evolución se la puede explicar en cuatro generaciones que se describen a continuación.

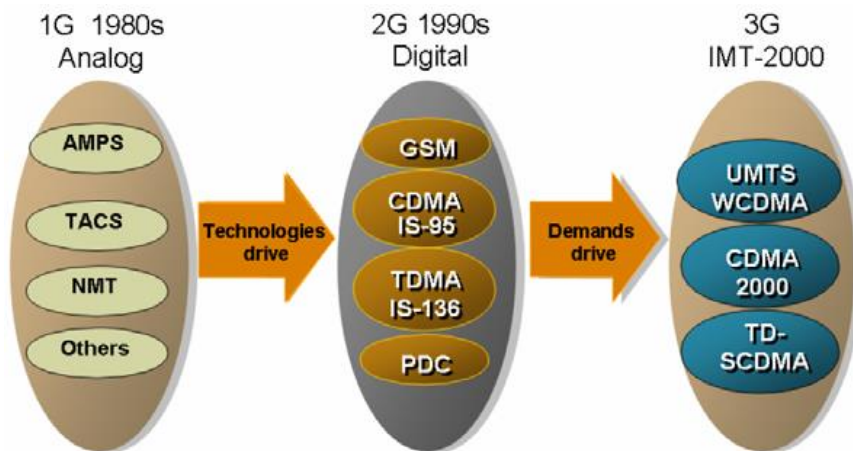


Fig.11 Evolución de telefonía celular

### **2.3.1.1 PRIMERA GENERACIÓN (1G)**

La primera generación de la telefonía móvil aparece en 1979 se caracteriza por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces es muy baja, con velocidades de transmisión de 2400 baudios, además no existía seguridad, asimismo el alto costo de estos equipos. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System), también AMPS, TACS of USA, NMT y NTT.

La principal característica de la primera generación fue la utilización de tecnologías que permitían el reuso de frecuencias para lo cual se dividía las áreas de cobertura de gran tamaño en unas más pequeñas denominadas celdas.

### **2.3.1.2 SEGUNDA GENERACIÓN**

La segunda generación se caracteriza por ser digital, aparece por los años 90, e inicia con el estándar GSM Europeo, que utiliza tecnología TDMA (Time División Multiple Access) significando que un segmento de tiempo se fracciona para un número determinado de abonados, generándose un patrón que se repite indefinidamente y que por lo general opera en una banda de frecuencia de 850 MHz. En esta generación se utiliza protocolos de codificación más sofisticados y se emplea en los sistemas de telefonía celular actuales. Las tecnologías predominantes fueron GSM (Global System for Mobile Communications), CDMA (Code Division Multiple Access), DAMPS (Digital Advanced Mobile Phone System) entre otros.

- **D-AMPS** se presenta como una mejora del sistema analógico AMPS. Utiliza TDMA (Time División Múltiple Access) como protocolo de acceso en la interfaz aire. Utiliza los canales existentes de AMPS. La capacidad se incrementó en relación a su predecesor. Las llamadas eran más seguras ya que el sistema fue más robusto. Utiliza conmutación de

circuitos y permitía el envío de mensajes SMS. Permite tres usuarios full-rate y seis usuarios half-rate por canal.

- **CDMA (IS-95)** ofrece ventajas como un incremento de alrededor 8 veces la capacidad de sistemas analógicos. Posee mejoras en calidad, cobertura y seguridad. CDMA utiliza una técnica de espectro ensanchado (spread spectrum) permitiendo una mayor privacidad en la comunicación. Su interfaz aire es más compleja y aparece como una tecnología propietaria de QUALCOM, por lo que es más costosa.
- **GSM** se originó en Europa y permitía la transmisión de datos a la velocidad de 64Kbps, además tenía la posibilidad de interconectarse con la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). Las principales ventajas de GSM son:
  - Debido al uso eficiente de las frecuencias, tolera mejor las interferencias entre celdas.
  - Mejora la calidad en la comunicación.
  - Soporta transmisión de datos.
  - Se garantiza la seguridad con métodos de encriptación.
  - Debido a la compatibilidad con RDSI, se brindan nuevos servicios que no daban las redes analógicas.
  - Técnicamente posible el “roaming internacional”.
  - Al incrementarse los usuarios se crea una economía de escala (muchos operadores permiten bajar costos).

## TECNOLOGÍA 2.5

Es la generación de tecnología celular que se encuentra entre 2G y 3G. Se describe como sistemas 2G que tienen implementada conmutación de paquetes sobre conmutación de circuitos.

El término 2.5G no existe, fue creado por propósitos de mercado. La 2.5G provee algunos beneficios de la 3G así como también usa la infraestructura de la red GSM. Entre las tecnologías más conocidas está GPRS, EDGE y CDMA 2000 1x.

- **GPRS:** (General Packet Radio Service) es una evolución del sistema de comunicaciones GSM. Proporciona mayores velocidades y prestaciones en el acceso móvil al servicio de datos e Internet. Localiza dinámicamente los canales de radio a cada usuario. GPRS permite tasas de 159 kbps. Soporta internetworking con redes IP y X.25. Soporta tráfico intermitente y a ráfagas.
- **EDGE** posee tasas de transferencia de datos similares a las de 3G. Puede llegar a una velocidad de 473 Kbps Mediante EDGE se puede habilitar varios tipos de servicios tales como e-mail, multimedia, tráfico WEB, videoconferencia y otros. Puede implementar control de calidad de los enlaces. Usa la misma estructura TDMA que GSM y GPRS.
- **CDMA 2000-1X** permite tasas entre 9.6 Kbps y 2Mbps. Posee servicios de acceso a Internet, email, descarga de tonos de llamada, servicios de información entre otros. Se constituye en una plataforma multimedia avanzada.

### 2.3.1.3 TERCERA GENERACIÓN

Se caracteriza por proveer múltiples clases de servicios multimedia de alta calidad. Permiten establecer comunicaciones en cualquier lugar y a cualquier hora con terminales portátiles aumentando la cantidad de servicios basados en multimedia.

El conjunto de estándares de la tercera generación (3G) se denominan internacionalmente con el nombre genérico IMT- 2000.

Internacionalmente los estándares de tercera generación más utilizados son: WCDMA, cdma2000 y UWC136.

**Asignación del espectro de 3G** La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) asignó 230MHz para los sistemas 3G de los cuales el rango de 1885 – 2025MHz se destinó para el enlace ascendente y el rango de 2110 – 2200 MHz al enlace descendente. El sistema WCDMA usa el siguiente espectro de frecuencias:

Enlace ascendente 1920 MHz – 1980 MHz

Enlace descendente 2110 MHz – 2170 MHz

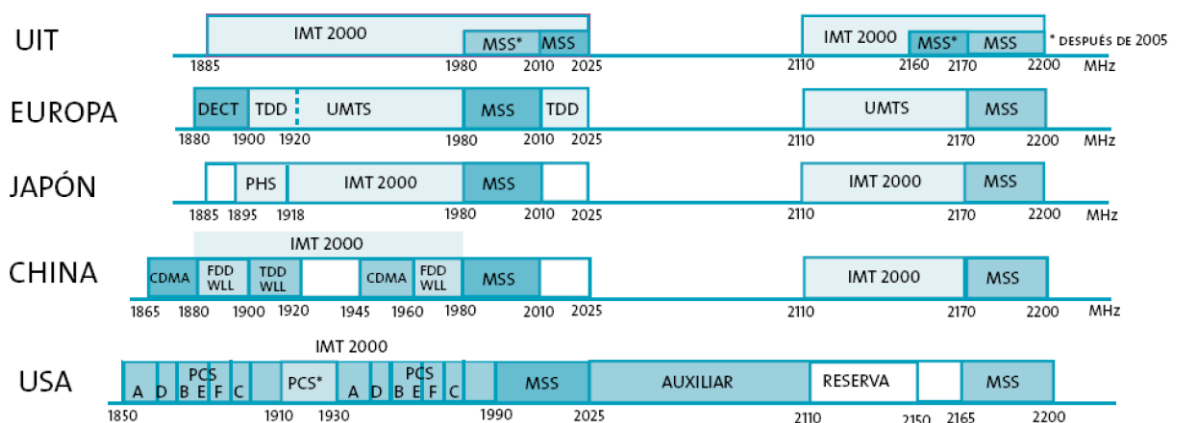


Fig. 12 Espectro radioeléctrico asignado en regiones

#### **2.3.1.4 CUARTA GENERACIÓN**

Debido a que los estándares de tercera generación no han logrado romper los cuellos de botella para transferencia de datos y capacidad, se impulsó la formación de una nueva generación.

Los sistemas 4G se enfocan a servicios de video de alta calidad, con tasas de transferencia de datos de alrededor de 100 Mbps en una estación móvil y 1 Gbps en una estación fija. 4G re ensambla y converge algunas tecnologías existentes (GPRS, EDGE, WLAN, HIPERLAN). LTE (Long Term Evolution) es una tecnología en estado de prueba y podría ser considerada como el estándar 4G. LTE alcanza tasas entre 16 y 154 Mbps

### **2.4 REDES UMTS**

#### **2.4.1 INTRODUCCIÓN A LAS REDES UMTS**

El Sistema de Telecomunicación Móvil Universal, es una tecnología de tercera generación (3G), sucesor de las tecnologías de segunda generación basadas en GSM, incluyendo GPRS, y EDGE. Aunque UMTS utiliza un interfaz de aire totalmente diferente, los elementos del núcleo de la red han estado migrando hacia los requerimientos de UMTS con la introducción de GPRS y EDGE. De esta manera, la transición de GSM a UMTS no requiere una inversión instantánea tan grande.

UMTS, que utiliza CDMA de banda ancha (W-CDMA), ha tenido una larga historia. Aún cuando los primeros sistemas 2G estaban recién desplegándose, estaba claro que éstos no abastecerían la demanda por siempre. Serían requeridas nuevas

tecnologías e instalaciones capaces de proporcionar nuevos servicios. Con esto en mente, la Conferencia de Radio Administrativa Mundial empezó a reservar asignaciones del espectro para un nuevo servicio en sus reuniones en 1992.

La siguiente etapa en el desarrollo se presentó cuando la Unión Internacional de Telecomunicaciones empezó a definir un sistema, y el Sistema Internacional de Telecomunicaciones Móviles 2000 (IMT2000) comenzó a tomar forma. A fin de manejar el nuevo estándar, formaron a un grupo conocido como el Programa de Sociedad de la Tercera Generación (3GPP). De hecho, 3GPP es una cooperación global entre seis socios organizacionales (ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, TTA y TTC) quienes son reconocidos como los principales cuerpos de estandarización del mundo de Japón, China, Europa, E.E.U.U. y Corea. El establecimiento de 3GPP fue formalizado en diciembre de 1998 por la firma del acuerdo del Proyecto de Sociedad de la Tercera Generación.

El alcance original de 3GPP era producir especificaciones técnicas aplicables globalmente e informes técnicos para un sistema móvil de telecomunicaciones de tercera-generación. Éste sería basado en los núcleos de red GSM y las tecnologías de acceso de radio que ellos soportan (es decir, Acceso de Radio Terrestre Universal (UTRA), en ambos modos, duplexación por división de frecuencia (FDD) y duplexación por división de tiempo (TDD)). El alcance de 3GPP fue incrementado más adelante para incluir el mantenimiento y desarrollo de las Especificaciones Técnicas e Informes Técnicos GSM, incluyendo sus derivados de GPRS y EDGE.

Mientras que 3GPP emprendió la administración del estándar UMTS, un comité similar era necesario para supervisar el desarrollo del otro estándar principal 3G, llamado CDMA2000. Este comité adquirió el nombre de 3GPP2, y los cuerpos de estandarización que estaban representados incluían ARIB, TTA, CWTS y TTA.

## 2.4.2 CAPACIDADES

UMTS utiliza W-CDMA como el estándar de radio transmisión. Emplea un ancho de banda de canal de 5 MHz (mayor al ancho de banda de canal de cdmaOne/CDMA2000 1XRTT de 1.25 MHz), y como tal tiene la capacidad de transportar 100 llamadas de voz simultáneas, o llevar datos a velocidades de hasta 2 Mbps en su formato original. Sin embargo, con las últimas mejoras incluidas en las últimas versiones del estándar, nuevas tecnologías (incluyendo HSDPA y HSUPA) han permitido velocidades de transmisión de datos de 14.4 Mbps.

## 2.4.3 DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

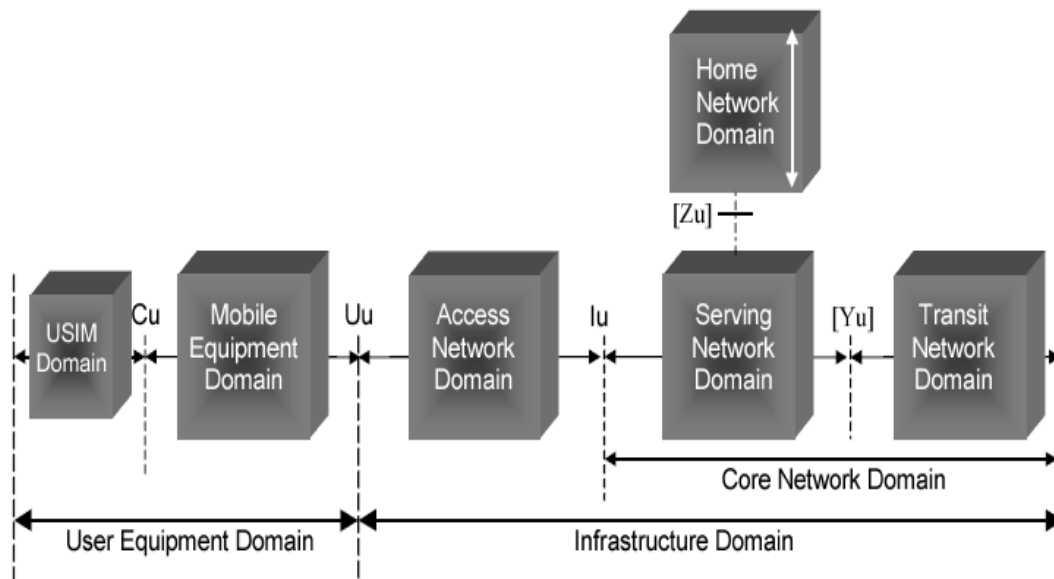


Fig.13 Arquitectura de dominios UMTS.



Como GSM, la red para UMTS se puede dividir en tres componentes principales. Éstos son la estación móvil, llamada el Equipo del Usuario o UE, el subsistema de estación base, conocido como el Subsistema de Red de Radio (RNS), y el Núcleo de la Red.

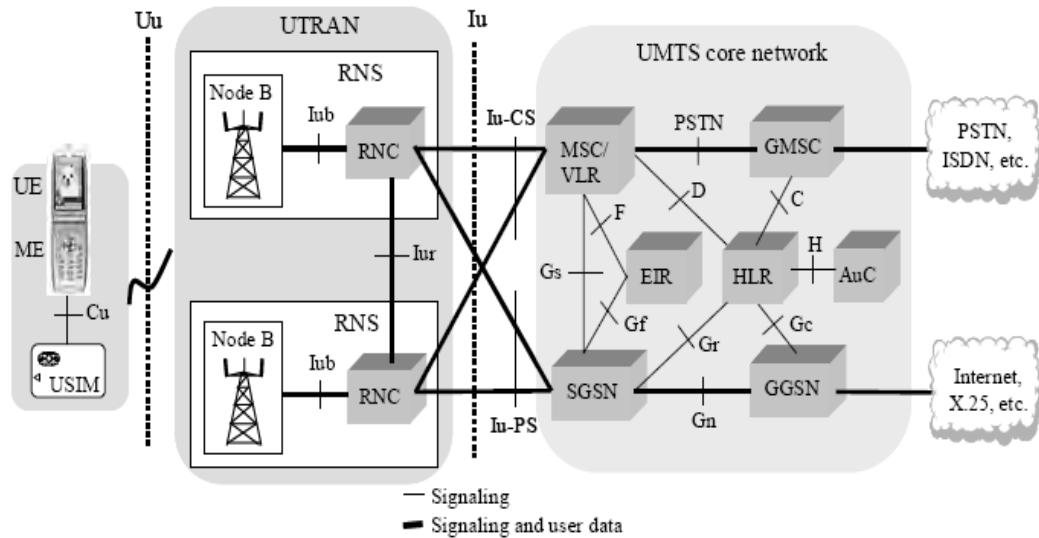


Fig.14 Arquitectura de Red UMTS

La interfaz Uu se encuentra entre el Equipo del Usuario o UE y el Subsistema de Red de Radio (RNS), y entre este y el Núcleo de la Red se encuentra la interfaz Iu.

Cabe destacar que la interfaz entre el UE y el Subsistema de Red de Radio (RNS), es la tecnología WCDMA, es decir la conexión entre el equipo usuario y la red de acceso de radio para UMTS es mediante la tecnología WCDMA

### 2.4.3.1 EQUIPO DEL USUARIO

El equipo del usuario o UE, también llamado móvil, es el equipo que el usuario trae consigo para lograr la comunicación con una estación base en el momento en que lo desee y en el lugar en donde exista cobertura. Este puede variar en su tamaño y forma, sin embargo debe estar preparado para soportar el estándar y los protocolos para los que fue diseñado. Por ejemplo si un móvil trabaja bajo el sistema UMTS, debe ser capaz de atender la red UTRAN, mediante la tecnología de WCDMA para lograr la comunicación con otro móvil

Consiste de una variedad de diversos elementos, incluyendo circuitería RF, procesamiento, antena, y batería.

El UE contiene una tarjeta SIM, aunque en el caso de UMTS se llama USIM (Módulo de Identidad del Suscriptor Universal). Ésta es una versión más avanzada de la tarjeta de SIM usada en GSM y otros sistemas, pero incorpora los mismos tipos de información. Contiene el número de Identidad del Suscriptor Móvil Internacional (IMSI) así como el Número ISDN Internacional de Estación Móvil (MSISDN). El USIM puede almacenar más de un MSISDN, permitiendo al teléfono ser utilizado para un número de diversas “líneas” - hogar, negocio, etc. El USIM también se programa con una clase de control de prioridad de acceso. Se utilizan estas clases para dar a diversos usuarios diversos niveles de prioridad al tener acceso al sistema. Los niveles 0-9 son asignados a los clientes regulares, mientras que los niveles 10-14 son asignados a usuarios, tales como la policía y otro personal de seguridad, que pueden necesitar acceso aun cuando el sistema pueda estar cercano a la capacidad. Otra información que el USIM contiene incluye el lenguaje preferido, para permitir que el correcto lenguaje de información sea exhibido, especialmente al hacer roaming, y una lista de las redes móviles públicas preferidas y prohibidas (PLMN).

El USIM también contiene una pequeña área de almacenamiento de mensajes cortos, que permite que los mensajes permanezcan con el usuario aun cuando se cambie de teléfono. Similarmente, almacena el directorio telefónico e información de llamadas con respecto a los números de llamadas entrantes y salientes.

#### **2.4.3.2 INTERFAZ Uu**

La interfaz Uu se encuentra entre el equipo del usuario y la red UTRAN, la tecnología utilizada para acceder al medio es WCDMA.

#### **2.4.3.3 SUBSISTEMA DE RED DE RADIO**

Ésta es la sección de la red que interconecta al UE y al núcleo de la red. Contiene los equivalentes a la Estación Base Tx-Rx (BTS) y el Controlador de Estación Base (BSC). Bajo terminología de UMTS, el transmisor-receptor de radio se conoce como el nodo B. Éste se comunica con varios UE's, y con el Controlador de Red de Radio (RNC). Esto es realizado sobre un interface conocida como Iub. La red de acceso de radio total es conocida como la Red de Acceso de Radio UMTS (UTRAN).

Las interfaces internas de UTRAN incluyen la interfaz Iub la cual se encuentra entre en Nodo B y el RNC y la interfaz Iur que conecta a los RNC entre si.

El componente RNC de la Red de Acceso de Radio (RAN) se conecta con el núcleo de red. El núcleo de red usado para UMTS se basa en la combinación de los elementos de conmutación de circuitos usado para GSM más los elementos de conmutación de paquetes utilizados para GPRS y EDGE. Así el núcleo de red se divide en dominio de conmutación de circuitos y dominio de conmutación de

paquetes. Algunos de los elementos de conmutación de circuitos son el Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC), el Registro de Localización del Visitante (VLR) y la Compuerta MSC (GMSC). Los elementos de conmutación de paquetes son el Nodo de Soporte Servidor GPRS (SGSN) y el Nodo de Soporte de Entrada GPRS (GGSN). Algunos elementos de la red, como EIR, HLR, VLR y AuC, son compartidos por ambos dominios y funcionan de manera semejante que en GSM.

La arquitectura del núcleo de red puede cambiar cuando se introducen nuevos servicios y características. La Base de Datos de Portabilidad Numérica (NPDB) será utilizada para permitir a los suscriptores cambiar el proveedor de red mientras que conserva su número de teléfono antiguo. El Registro de Localización de la Entrada (GLR) puede ser usado para optimizar el manejo del suscriptor entre los límites de la red. El MSC, VLR y SGSN pueden combinarse para convertirse en un UMTS MSC.

#### **2.4.3.4 RNC (Radio Network Controller)**

El RNC controla a uno o varios Nodos B, el RNC se conecta con el MSC mediante la interfaz lu-CS o con un SGSN mediante la interfaz lu-PS. La interfaz entre dos RNC's es lógica y es la interfaz lur, por lo tanto una conexión directa entre ellos no es necesario que exista. Si comparamos al RNC con la red de GSM, éste es comparable con la BTS (Base Station Controller)

Dentro de las funciones ejecutadas por el RNC están:

- Manejo de los recursos de transporte de la interfaz lu.
- Control de los recursos lógicos O&M del nodo B.

- Manejo de la información del sistema y de los horarios de la información del sistema.
- Manejo de tráfico en los canales comunes.
- Combinación en la Macro diversidad y división de tramas de datos transferidas sobre muchos Nodos B.
- Modificación del grupo activo de células lo que se traduce en un Soft Handover.
- Asignación de códigos de canalización en el enlace de bajada.
- Control de potencia de lazo abierto para en enlace de subida.
- Control de potencia para el enlace de bajada.
- Control de admisión.
- Manejo de los reportes
- Manejo del tráfico en los canales compartidos.

#### **2.4.4 NODO B**

El Nodo B es el equivalente en UMTS del BTS (Base Transceiver Station) de GSM. El Nodo B puede dar servicio a una o más células, sin embargo las especificaciones hablan de una sola célula por Nodo B.

Dentro de las funciones ejecutadas por el Nodo B están:

- Implementación lógica del O&M
- Mapeo de los recursos lógicos del Nodo B en los recursos de hardware
- Transmisión de los mensajes de información del sistema de acuerdo con el horario determinado por el RNC.
- Combinación para la Macro diversidad y división de las tramas de datos internas al Nodo B.
- En el modo FDD, el control de potencia de lazo cerrado en el enlace de subida.
- Reportar las mediciones de la interferencia en el enlace de subida y la información de la potencia en el enlace de bajada.

En el nodo B se encuentra la capa física de la interfaz aérea, es por ella que además de las funciones que debe dejar por su naturaleza, debe realizar las funciones propias de la capa 1.

#### **2.4.5 INTERFAZ lu**

Esta interfaz conecta a la red central con la red de acceso de radio de UMTS (URAN).

Cabe mencionar que URAN es un concepto genérico y puede tener muchas implementaciones físicas. La primera a ser implementada es la UTRAN, la cuál utiliza a la tecnología de WCDMA como interfaz aérea.

Es la interfaz central y la más importante para el concepto de 3GPP. La interfaz lu puede tener dos diferentes instancias físicas para conectar a dos diferentes elementos de la red central, todo dependiendo si se trata de una red basada en conmutación de circuitos o basadas en conmutación de paquetes. En el primer caso, es la interfaz lu-CS la que sirve de enlace entre UTRAN y el MSC, y es la interfaz lu-PS la encargada de conectar a la red acceso de radio con el SGSN de la red central.

Dentro de las funciones de esta interfaz, también se encuentra el servir como enlace en BRAN (Broadband Radio Access Network). BRAN es otra implementación física del concepto genérico de UTRAN el cual conecta a la red de acceso de radio HIPERLAN2.

BRAN puede aceptar velocidades de datos de hasta 30Mbps. Utiliza el espectro de radio no licitado de 5Ghz y puede dar servicio a un área de 3 a 50 m en un ambiente de espacios cerrados, y de 150 a 200m en un ambiente de espacios abiertos. Las aplicaciones típicas de HIPERLAN2 son computadoras portátiles con módems inalámbricos.

#### **2.4.6 RED CENTRAL (CORE NETWORK)**

La red central se encuentra formada por varios elementos, los más importantes a considerar son: el MSC (pieza central en una red basada en conmutación en circuitos) y el SGSN (pieza central en una red basada en conmutación de paquetes).

#### **2.4.7 MSC (Mobile Switching Center).**

El MSC es usado tanto por el Sistema GSM como por UMTS, es decir, la BSS de GSM y el RNS de UTRAN se pueden conectar con el mismo MSC. Esto es posible ya que uno de los objetivos de 3GPP fue conectar a la red UTRAN con la red.

Las funciones de principales del MSC se enlistan a continuación:

- Voceo
- Coordinación en la organización de las llamadas de todos los móviles en la jurisdicción de un MSC.
- Asignación dinámica de recursos.
- Registro de ubicación.
- Funciones de interoperabilidad con otro tipo de redes.
- Manejo de los procesos de Handover (especialmente del complejo procesos de Handover entre sistemas)
- Colectar los datos para el centro de facturación.
- Manejo de los parámetros para la encriptación.
- Intercambio de señalización entre diferentes interfaces.



- Manejo de la asignación de frecuencias en el área del MSC
- Control y operación de la cancelación del eco.

En el MSC se realiza la última etapa del MM (Mobility Management) y del CM (Connection Management) en el protocolo de la interfaz aérea, así que el MSC debe encargarse de la dirección de estos protocolos o delegarle la responsabilidad a cualquier otro elemento de la red central.

En UTRAN, el desarrollo de todo el trabajo se centra en conservar las capas de administración en la movilidad (MM) y administración de la conectividad (CM) independientes de la tecnología de radio utilizada en la interfaz aérea.

#### **2.4.8 SGSN (Serving GPRS Support Node).**

El SGSN es la pieza central en una red basada en la conmutación de paquetes. El SGSN se conecta con la UTRAN mediante la interfaz lu-PS y con el GSM-BSS mediante la interfaz Gb.

El SGSN contiene la siguiente información:

- Información de suscripción
- IMSI (International Mobile Subscriber Identity)

- Identificaciones temporales
- Dirección PDP
- Informe de ubicación
- La célula o el área en la que el móvil está registrado.
- Número VLR.

## **2.5 PROTOCOLOS**

El protocolo de señalización usado en redes UMTS es una evolución del usado en redes GSM/GPRS. El protocolo ha sido subdividido en Estrato de Acceso y Estrato de No-Acceso. El estrato de no-acceso es responsable de la administración de la movilidad y las funciones de control de llamada y, como su nombre implica, es independiente del tipo de red de acceso de radio, permitiendo a la señalización ser mantenida tan común como sea posible entre las redes GSM/GPRS y UMTS. El estrato del acceso consiste en la capa 2 y una parte más inferior de la capa 3. La porción de la capa 3 del estrato del acceso consiste del Controlador de Recursos de Radio (RRC), que corresponde a la sub-capa RR en redes GSM, y es responsable del control y asignación de los recursos de radio. La capa 2, responsable de mantener un enlace apropiado y de proveer datos a la capa 1, se ha dividido en dos sub-capas, Control de Acceso al Medio (MAC) y Control de Enlace de Radio (RLC).

Otra subdivisión aplicada al protocolo está entre el plano del control (plano-C) y el plano del usuario (plano-U), donde el plano-C abarca los protocolos usados en los canales del control y el plano-U cubre la administración de canal del tráfico.

## 2.6 INTERFAZ DE AIRE

Hay actualmente seis bandas que están especificadas para su uso, y la operación en otras frecuencias no se excluye. Sin embargo, mucho del enfoque está actualmente en asignaciones de frecuencia alrededor de los 2 GHz. En la Conferencia de Radio Administrativa Mundial en 1992, las bandas 1885-2025 y 2110-2200 MHz fueron reservadas para el uso sobre una base mundial por las administraciones que deseaban implementar Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000 (IMT-2000). Esto, sin embargo, no imposibilita su uso para otras aplicaciones.

Dentro de estas bandas, las porciones han sido reservadas para diversas aplicaciones:

Tabla 1 Bandas de frecuencia UMTS

Bandas (MHz)	Uso	Características
1920-1980 y 2110-2170	Duplexación por división de frecuencia (FDD,WCDMA)	Par de enlaces de subida o bajada, ancho de canal 5MHz, un operador necesita 3 o 4 canales (2x15MHz o 2x20 MHz) para ser capaz de construir una red de alta capacidad y alta velocidad
1900-1920 y 2010-2025	Duplexación por División de Tiempo (TDD,TD/CDMA)	Impar, espaciado de canal 5MHz, Transmisión y recepción no separadas en frecuencia.
1980-2010 y 2170-2200	Enlace de subida y bajada de satélites.	

Las frecuencias portadoras son designadas por un Número de Canal de Radio Frecuencia Absoluto UTRA (UARFCN). Este puede calcularse como:

$$\text{UARFCN} = 5 \times (\text{frecuencia en MHz})$$

UMTS utiliza W-CDMA como el mecanismo de transporte de radio. Los canales tienen un ancho de banda de 5 MHz. La modulación utilizada es diferente en el enlace de subida y el de bajada. El enlace de bajada utiliza modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) para todos los canales de transporte. Sin embargo, el enlace de subida usa dos canales separados de modo que el ciclo de encendido y apagado del transmisor no cause interferencia en las líneas de audio - un problema que era experimentado en GSM. Los canales duales (modulación por desplazamiento de fase en doble canal) son logrados aplicando los datos cifrados del usuario a la entrada I o entrada en-fase al modulador diferencial DQPSK, y los datos de control se ha codificado usando un código diferente a la entrada Q o entrada en cuadratura al modulador.

## **2.7 ENSANCHAMIENTO (SPREADING)**

Como con cualquier sistema basado-en-CDMA, los datos a ser transmitidos se codifican usando un código de ensanchamiento particular para un usuario dado. De esa manera solamente el receptor deseado puede correlacionar y decodificar la señal, todas las demás señales aparecen como ruido.

Los datos de una señal CDMA se multiplican con un código de ensanchamiento o de chip para aumentar el ancho de banda de la señal. Para W-CDMA, cada canal físico es ensanchado con una única y variable secuencia de ensanchamiento. El grado total de ensanchamiento varía para permitir a la señal final llenar el ancho de banda de canal requerido. Como la velocidad de datos de entrada puede variar a partir de una aplicación a la siguiente, así el grado de ensanchamiento necesita ser variado adecuadamente.

Para el enlace de bajada, la velocidad de símbolo que es transmitida es 3.84 Msps. Como la forma de modulación utilizada es QPSK, ésta permite transmitir 2 bits de información por cada símbolo, permitiendo de tal modo una velocidad máxima de datos, del doble de la velocidad de símbolo, o sea 7.68 Mbps. Por lo tanto, si la actual velocidad de datos que se transmitirán es 15 kbps, entonces un factor de ensanchamiento de 512 se requiere para subir la señal hasta la velocidad de chip requerida para la transmisión en el ancho de banda establecido. Si los datos a ser transportados tienen una mayor velocidad de datos, entonces una menor tasa de ensanchamiento es requerida para balancear esto. Vale recordar que alterar la velocidad de chip, altera la ganancia de proceso del sistema total, y esto también necesita ser acomodado en el procesamiento de señal. Factores de ensanchamiento más altos son correlacionados más fácilmente por el receptor, y por lo tanto una potencia de transmisión más baja se puede utilizar para la misma tasa de error de símbolo.

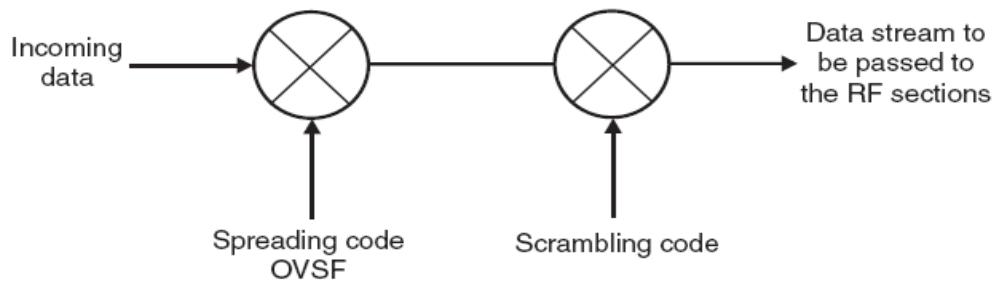


Fig.15 Proceso de ensanchamiento y scrambling.

Los códigos requeridos para ensanchar la señal deben ser ortogonales si van a permitir a usuarios y canales múltiples funcionar sin interferencia mutua. Los códigos usados en W-CDMA son códigos de Factor de Ensanchamiento Variable Ortogonales (OVFS), y deben mantenerse sincronizados para funcionar. Como no es posible mantener una sincronización exacta para esto, un segundo sistema de códigos

de scrambling (mezcla) se utiliza para asegurarse de que no haya interferencia (Fig. 15). Este código es un código numérico pseudo-aleatorio (PN). Así hay dos etapas de ensanchamiento: la primera usando el código OSVF, y la segunda usando un código de scrambling PN. Estos códigos se utilizan para proporcionar diversos niveles de separación. Los códigos de ensanchamiento OVSF se utilizan para identificar los servicios del usuario en el enlace de subida y los canales de usuario en el enlace de bajada, mientras que el código PN se utiliza para identificar el nodo B individual o al UE.

En el enlace de subida, hay opción de millones de diferentes códigos PN. Éstos se procesan para incluir un código individual de enmascaramiento para identificar el UE. Consecuentemente, hay códigos más que suficientes para acomodar el diverso número de UE's comúnmente accedando a la red. Para el enlace de bajada se utiliza un código corto. Hay un total de 512 diversos códigos que puedan ser usados, uno de los cuales será asignado a cada nodo B.

## **2.8 FRAMES, SLOTS Y CANALES**

UMTS utiliza técnicas de CDMA como su tecnología de acceso múltiple, pero utiliza además técnicas de división de tiempo con una estructura de slot y frame para proporcionar la estructura completa al canal.

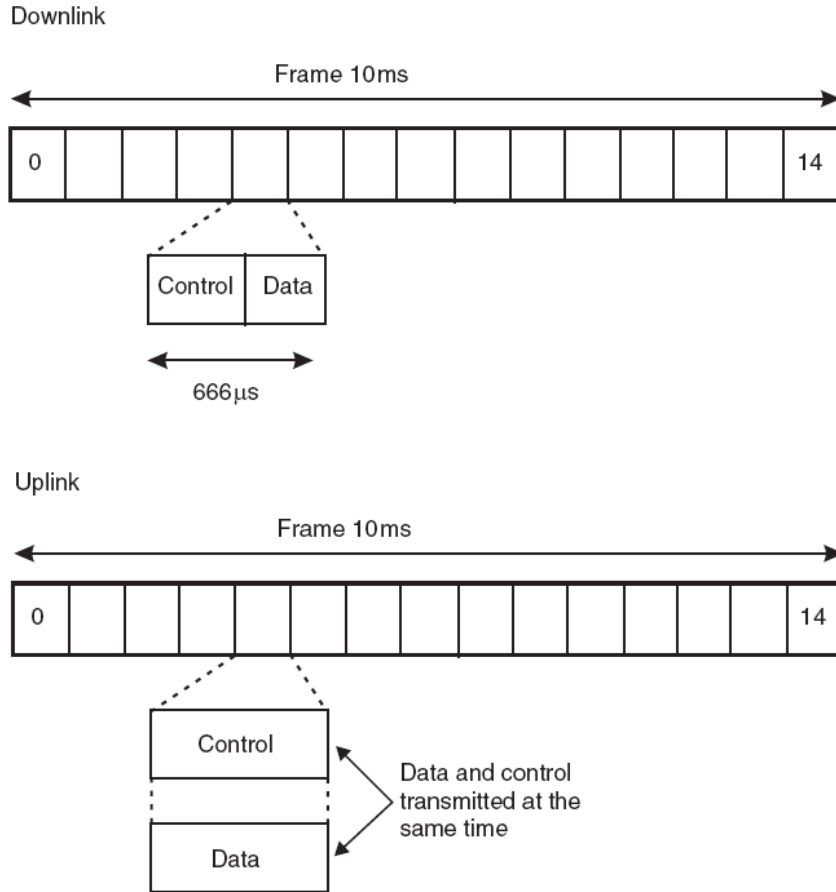


Fig.16 Estructura de frame y de slot

Un canal está dividido en frames de 10 ms, que tienen quince slots de tiempo de 666 microsegundos cada uno. En el enlace de bajada, el tiempo se subdivide aún más de modo que los slots de tiempo contengan campos con mensajes del control o datos de usuario (Fig.16)

En el enlace de subida, se utiliza la modulación en doble canal para transmitir datos y control simultáneamente. Aquí, los elementos de control contienen una señal piloto, un Identificador de Combinación de Formato de Transporte (TFCI), Información de Realimentación (FBI) y Control de Potencia de Transmisión (TPC).

Los canales transportados se categorizan en tres grupos: lógicos, de transporte y físicos. Los canales lógicos definen el tipo de información a transferir; los canales de transporte definen la forma en la cual se transfieren los datos; y los canales físicos denotan los recursos utilizados, códigos, frecuencias, slots.

Los canales se organizan tal que los canales lógicos están relacionados con qué se transporta, mientras que los canales de transporte de la capa física tratan con cómo, y con qué características. La capa MAC proporciona servicios de transferencia de datos en los canales lógicos. Un conjunto de tipos de canal lógico se define para diversas clases de servicios de transferencia de datos.

## **2.9 PAQUETES DE DATOS**

Los paquetes de datos proporcionan un elemento cada vez más importante dentro de las aplicaciones del teléfono móvil. W-CDMA es capaz de llevar transmisiones de paquetes de datos de dos maneras. La primera es para paquetes de datos cortos a ser añadidos directamente a una ráfaga de acceso aleatorio. Este método se llama transmisión de paquete de canal común, y se utiliza para paquetes cortos no frecuentes. Es preferible transmitir paquetes cortos de este modo porque el mantenimiento del enlace necesario para un canal dedicado conduciría a gastos inaceptables. Además, se evita el retraso en la transferencia de los datos a un canal dedicado.

Paquetes más grandes o más frecuentes se transmiten en un canal dedicado. Se transmite un paquete grande, simple, usando un esquema de paquete-simple, donde se libera el canal dedicado inmediatamente después de que se ha transmitido el paquete. En un esquema de multi-paquetes, el canal dedicado es mantenido transmitiendo información de control de potencia y de sincronización entre paquetes subsecuentes.



## 2.10 HANDOVER

Dentro de UMTS, el handover sigue muchos conceptos similares a los usados para otros sistemas CDMA tales como CDMA2000. Hay tres tipos básicos de handover: hard handover, soft handover y softer handover. Los tres tipos se utilizan, pero bajo diversas circunstancias.

El hard handover es como el usado para las generaciones de sistemas anteriores. Aquí, como el UE se mueve en el rango de un nodo B, la llamada tiene que ser entregada a otro canal de frecuencia. En este caso, la recepción simultánea de ambos canales no es posible.

El soft handover es una técnica que no estaba disponible en las generaciones anteriores de los sistemas de telefonía móvil. Con los sistemas CDMA es posible tener celdas adyacentes en la misma frecuencia, y como resultado el UE puede recibir señales a partir de dos celdas adyacentes a la vez, mientras que estas celdas pueden también recibir señales desde el UE. Cuando ocurre esto y se efectúa el handover, se conoce como soft handover. El softer handover es un soft handover cuando las señales vienen del mismo nodo B pero de diferentes sectores.

Las decisiones sobre handover son manejadas generalmente por el RNC. Monitorea continuamente la información considerando las señales que están siendo recibidas por el UE y el nodo B, y cuando un enlace particular ha caído debajo de un nivel dado y hay otro mejor canal de radio disponible, inicia un handover. Como parte de este proceso de monitoreo, el UE mide la Potencia de Código de Señal Recibida (RSCP) y el Indicador de Fuerza de Señal Recibida (RSSI) y la información entonces es retornada al nodo B y por lo tanto al RNC en el canal del control de enlace de subida.

## CAPÍTULO III

### 3.1 POSICIONAMIENTO EN REDES UMTS

Debido a que las estaciones bases vecinas en una red UMTS pueden operar en las mismas portadoras, es posible que un terminal mantenga ramas de señal a varias estaciones base simultáneamente. Esto significa que puede recibir las transmisiones de varias estaciones cercanas y viceversa, varias estaciones pueden escuchar las transmisiones del terminal, o ambas al mismo tiempo. Esta característica puede ser utilizada para mejorar significativamente la calidad de la transmisión de datos y apoyar el proceso de handover.

El set de estaciones base a las cuales un terminal mantiene ramas de señal es referido como el set activo. La composición de un set activo depende de la calidad de la señal, particularmente de la fuerza de la señal, de las estaciones bases cercanas. Una estación base es agregada a un set activo si la calidad de la señal excede un umbral bien definido, y es removida si cae debajo del umbral. Típicamente un set activo contiene de 1 a 3 estaciones y puede comprender un número máximo de 6. Como se puede ver en la Fig. 17, la calidad de la transmisión de datos puede ser incrementada en ese flujo de datos resultante de las múltiples ramas de señal combinadas en el RNC. Si las estaciones base de un set activo están conectadas a diferentes RNC's, se distingue entre un RNC Servidor (SRNC) y uno o varios RNC Flotantes (Drifting RNC). El RNC Flotante envía el flujo de datos al RNC Servidor donde ellos son correlacionados y un flujo, apropiadamente combinado, es enviado al núcleo de la red.

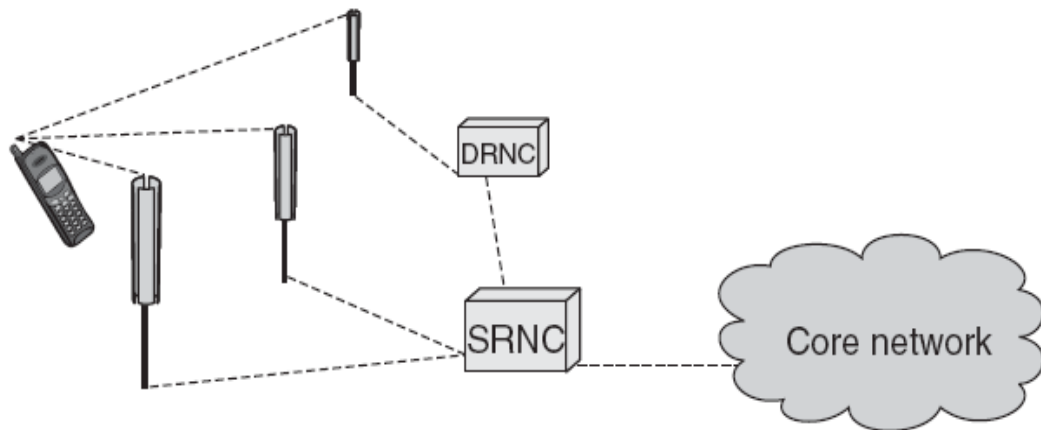


Fig.17 Ramas de señal entre el terminal y la estación base.

### 3.2 COMPONENTES DE POSICIONAMIENTO UMTS.

UMTS requiere componentes dedicados para controlar el posicionamiento. Muchos de ellos no aparecen como componentes independientes, sino que en muchos casos están integrados en las estaciones base o en los RNC's. Hay dos componentes adicionales para posicionamiento llamados Servidor del Centro de Localización Móvil (SMLC) y la Unidad de Medición de Localización (LMU).

Un LMU observa la transmisión de ráfagas de datos desde diferentes estaciones base o desde terminales en el área circundante para realizar mediciones de cronometraje. La observación de transmisiones del enlace de bajada de las estaciones base se usa para detectar desbalances de tiempo entre los slots de diferentes estaciones base para lograr una sincronización posterior.

El SMLC controla el proceso de posicionamiento entero, incluyendo asignación de recursos, evaluación de mediciones de cronometraje, y calculo de posiciones fijas. Dependiendo del método de posicionamiento usado, controla uno o varios LMU's y les aconseja como medir las transmisiones en el enlace de subida o

bajada. Los resultados de las mediciones retornados de un LMU son usados para compilar data de asistencia o calcular la posición del terminal.

Las estaciones base operando bajo UTRAN-FDD están equipadas con una LMU asociada que provee sincronización de tiempo con estaciones base vecinas. Sin embargo si existen malas condiciones o ninguna línea de vista entre las estaciones medidoras y las estaciones vecinas impiden mediciones seguras, los operadores pueden alternativamente establecer LMU's independientes en lugares con mejores condiciones de radio. Estos LMU's están usualmente conectados a las redes de acceso sobre la interface de aire. Las estaciones base vecinas de UTRAN-TDD están sincronizadas de antemano y por lo tanto no necesitan un LMU. El SMLC está usualmente integrado en el RNC, pero opcionalmente los operadores pueden también instalar SMLC's independientes (stand-alone SMLC's o SAS's).

La Fig. 18 muestra la arquitectura de posicionamiento UTRAN y también destaca la terminología de interface oficial como se usa en las especificaciones 3GPP.

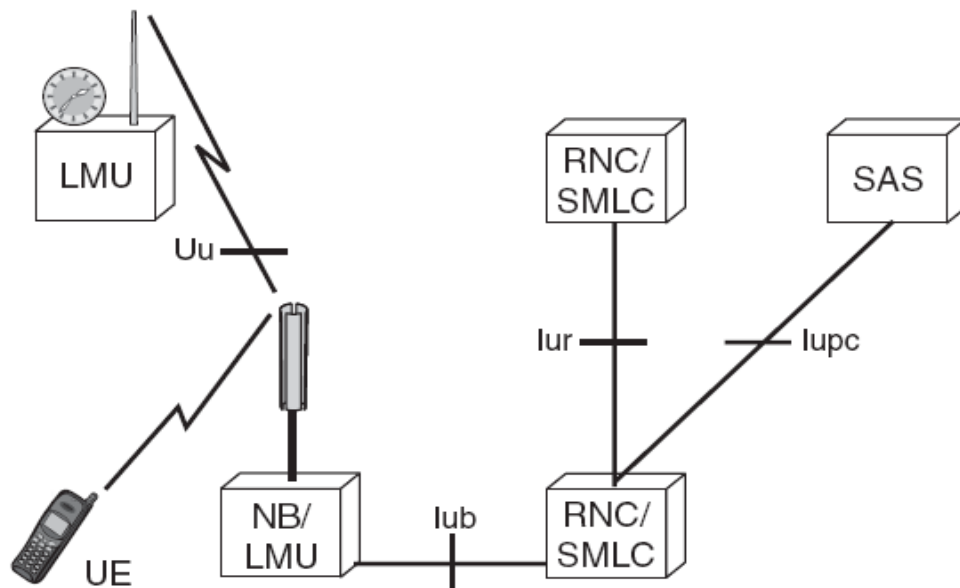


Fig.18 Arquitectura de posicionamiento UMTS

### 3.3 MÉTODOS BASADOS EN CELDA.

Derivan la posición del terminal de las coordenadas de la estación base. En su forma más simple, la posición es derivada de mapear el identificador de celda a las coordenadas de la estación base servidora. Si se desea, la posición puede ser mayormente refinada tomando en cuenta la distancia entre el terminal y la estación base y el AOA de las señales entrantes a la estación base. La forma en que la distancia es determinada depende del modo UTRAN. En FDD, el tiempo de viaje redondo (RTT) es medido continuamente por todos los terminales en estado PMM CONECTADO. El RTT está definido como  $RTT = t_{RX} - t_{TX}$ , donde  $t_{TX}$  es el tiempo de transmisión del inicio de un frame de bajada hacia el terminal, y  $t_{RX}$  el tiempo de recepción del inicio del correspondiente frame de subida desde el terminal. En TDD la distancia es obtenida de la llamada desviación de cronometraje recibida, la cual es definida como  $t_{RXdev} = t_{TS} - t_{RXpath}$  donde  $t_{RXpath}$  es el tiempo de arribo de un slot en el enlace de subida a la estación base. Y  $t_{TS}$  denota el tiempo de referencia en que el slot debería haber arribado de acuerdo al cronometraje interno de la estación base. La desviación de tiempo recibida no solamente es usada en posicionamiento, sino especialmente para implementar un mecanismo avanzado de cronometraje. La determinación del AoA es una característica solamente disponible en TDD si la respectiva estación base está equipada con un arreglo de antena.

Debido a que el terminal puede tener ramas de señal a varios sectores de una estación base o a varias estaciones base simultáneamente, es necesario seleccionar del set activo del terminal una estación base de referencia que mejor corresponda a su posición actual. Este proceso de selección puede ocurrir de acuerdo a uno de los siguientes criterios:

Parámetros describiendo la calidad de las señales recibidas en la estación base, como fuerza de la señal y tasas de error.

La estación base que fue usada durante el establecimiento de la conexión con el terminal.

La estación base más recientemente asociada con el terminal.

La última estación base agregada al set activo.

La estación base del set activo con la distancia más corta al terminal, y

La estación base que tiene una conexión activa con el terminal al tiempo que la petición de localización arriba al SMLC.

La forma exacta en que esta selección ocurre no se especifica en 3GPP sino más bien depende de cada fabricante de equipo UMTS. El control de flujo del posicionamiento basado en celda es mostrado en la Fig.19

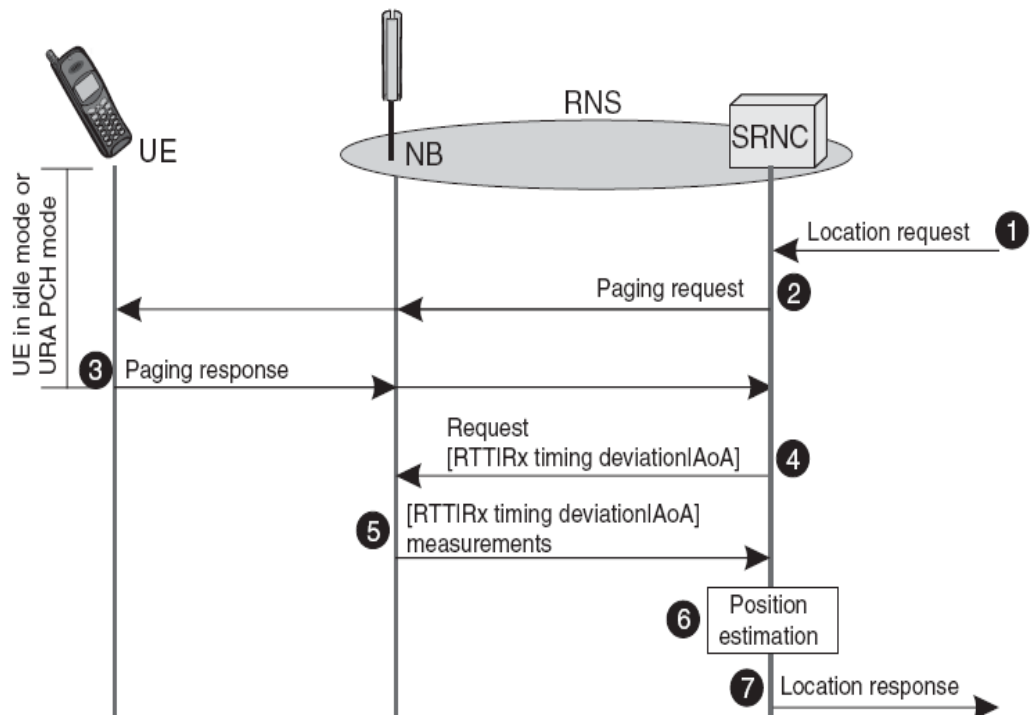


Fig. 19 Control del posicionamiento basado en Celda

Depende del estado del terminal cuando arriba una petición de localización al SRNC responsable (1). Cuando no existe ninguna conexión entre el terminal y la red, la red solamente conoce el área de localización de enrutamiento actual del terminal, y por lo tanto el SRNC debe hacer primero una búsqueda (paging) a fin de encontrar la estación base más cercana (2). Si el terminal se encuentra en estado conectado, la necesidad de paging depende del sub-estado concreto. En el estado CONECTADO A CELDA, hay una transferencia de datos en curso, y por tanto el identificador de celda puede ser obtenido fácilmente de la estación base servidora y no se requiere un paging.

Una vez que el identificador de celda ha sido obtenido por el SRNC, se puede opcionalmente solicitar valores de RTT (solo en FDD) o la desviación de cronometraje recibida y el AoA (solo en TDD) de la estación base servidora (3). Después que estos valores han sido entregados (4), la posición es estimada y retornada la entidad solicitante.

### 3.4 TDoA

El principio básico se muestra en la Fig.19 y es similar al E-OTD de GSM. La estructura de slot generada por diferentes Nodos B es observada en el terminal y también en el LMU. Las mediciones en el terminal son necesarias a fin de obtener la diferencia de rango de los Nodos B en la posición del terminal y los rangos entre el terminal y los Nodos B respectivamente, mientras que las mediciones en el LMU son necesarias a fin de determinar los desbalances de tiempo resultantes de la falta de sincronización.

Dado un par de Nodos B ( $NB1$ ,  $NB2$ ), siendo  $r_1$  el rango geométrico entre el terminal y  $NB1$  y  $r_2$  el rango geométrico entre el terminal y  $NB2$ , la posición del

terminal puede ser limitada a todas las coordenadas para las cuales la diferencia  $r_2 - r_1$  tienen el mismo valor. Por definición estos puntos yacen sobre una hipérbola. Si la hipérbola de otro par de estaciones base se construye de la misma manera, por ejemplo ( $NB2$ ), entonces ambas hipérbolas se intersectan en cierto punto el cual representa la posición deseada.

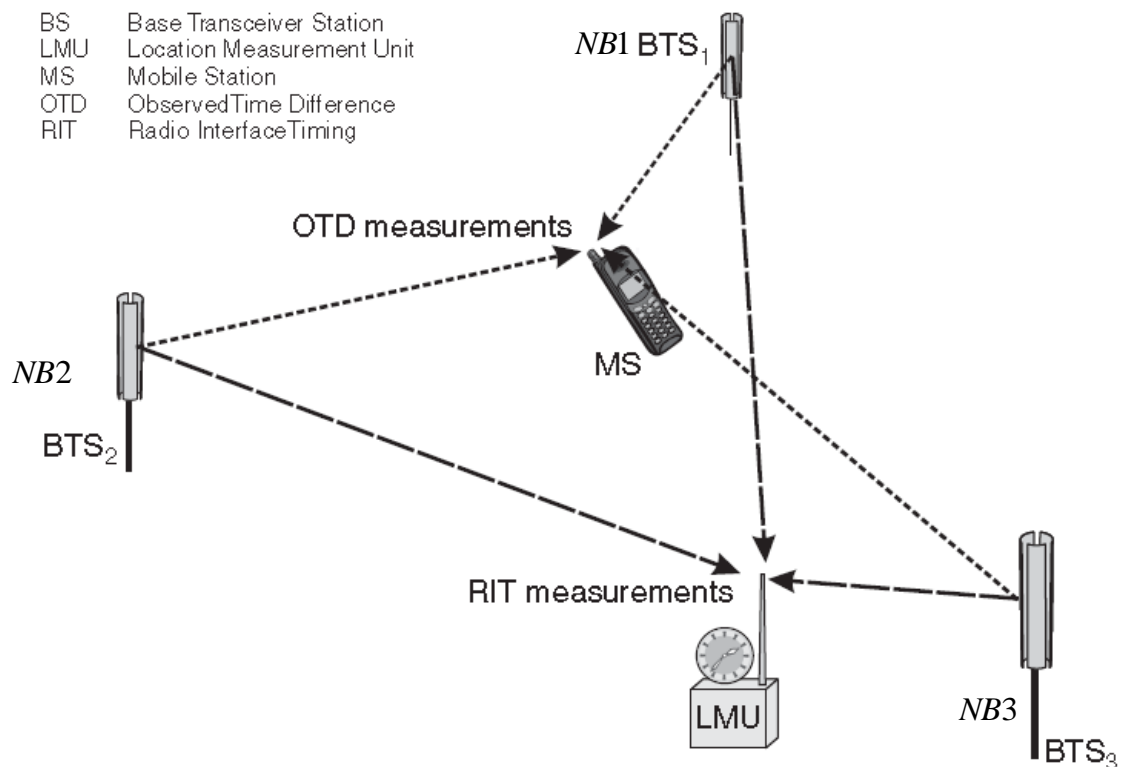


Fig. 20 Mediciones RIT y OTD

La diferencia  $r_2 - r_1$  es proporcional al periodo de tiempo entre el arribo de las ráfagas de datos en el enlace de bajada de diferentes Nodos B, asumiendo que ellas han sido emitidas exactamente al mismo tiempo. Este periodo de tiempo se llama Diferencia de Tiempo Geométrica (GTD) y está dada por  $GTD = (r_2 - r_1) / c$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz. Sin embargo, debido a la ausencia de



sincronización de tiempo, es necesario no solamente medir el periodo de tiempo entre el arribo de las ráfagas de datos al terminal, sino también determinar el desbalance de tiempo entre sus emisiones en los Nodos B. Esto da lugar a otras dos cantidades de sincronización llamadas Diferencia de Tiempo Observado (OTD) y Diferencia de Tiempo Real (RTD).

### **3.5 GPS ASISTIDO EN UMTS (A-GPS).**

Comparado al posicionamiento convencional GPS, A-GPS provee seguridad mejorada, reducción del tiempo de adquisición de posición, menor potencia de consumo en el receptor GPS e incremento de la sensibilidad del receptor.

Para ser localizado con precisión por A-GPS, el terminal objetivo debe estar equipado con una unidad GPS para recibir señales piloto y datos de asistencia de los satélites. Para lograr las mejoras mencionadas, esta unidad GPS está apoyada por datos de asistencia adicionales e información de control desde la red celular. Así, la unidad GPS dentro del terminal es actualmente apoyada por dos conjuntos de datos, uno compilado por la red y otro entregado por los satélites.

Además de terminales con capacidad GPS, otro pre-requisito es la disponibilidad de estaciones de referencia dentro de la infraestructura celular para el cálculo de data de corrección y compilación de la materia prima para los datos de asistencia. La estación de referencia está conectada a un SMLC (independiente o asociado con un SRNC) el cual coordina el proceso A-GPS. No es necesario equipar cada celda de radio con su propia estación de referencia, es suficiente con una estación para áreas con un radio de aproximadamente 200 km. La Fig. 21 muestra la arquitectura A-GPS y la señalización entre componentes.

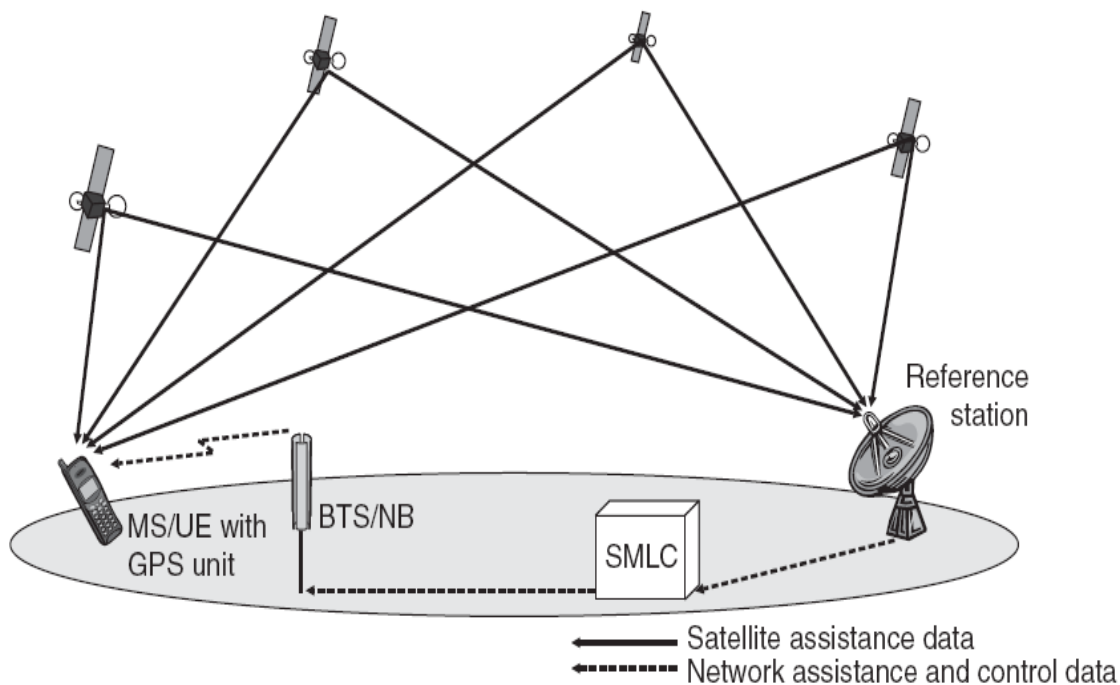


Fig. 21 Arquitectura A-GPS

La Fig. 22 muestra el proceso de posicionamiento A-GPS con señalización punto a punto en un diagrama de secuencia. La estación de referencia observa las señales de todos los satélites visibles, extrae data de asistencia del mensaje de navegación, reúne los datos de adquisición, y calcula los datos de corrección (1). Estos conjuntos de datos son subsecuentemente usados para apoyar el posicionamiento de diferentes maneras. Para este propósito son primero enviados al RNC y SMLC, lo cual puede suceder debido a una petición desde el RNC/SMLC o periódicamente. Al arribo de la petición de localización (3) el RNC/SMLC envía una petición de medición de posición al terminal (4) el cual parcialmente contiene la data de corrección, adquisición y asistencia, obtenida previamente de la estación de referencia. La cantidad de datos enviados en esta petición depende de si el método es ejecutado en modo asistido-por-terminal o basado-en-terminal. En el terminal, la data de adquisición y asistencia es usada para identificar los satélites que van a ser

tomados en cuenta para las mediciones de pseudorango (5). Subsecuentemente, si el posicionamiento basado-en-terminal es activado, el terminal estima su posición y la retorna al RNC/SMLC (7). Para el posicionamiento asistido-por-terminal, solamente los pseudorangos y parámetros relacionados son retornados en el paso 7, y la estimación de la posición es hecha en la red (8). Finalmente la posición del terminal es retornada a la entidad que inició la petición de localización (9).

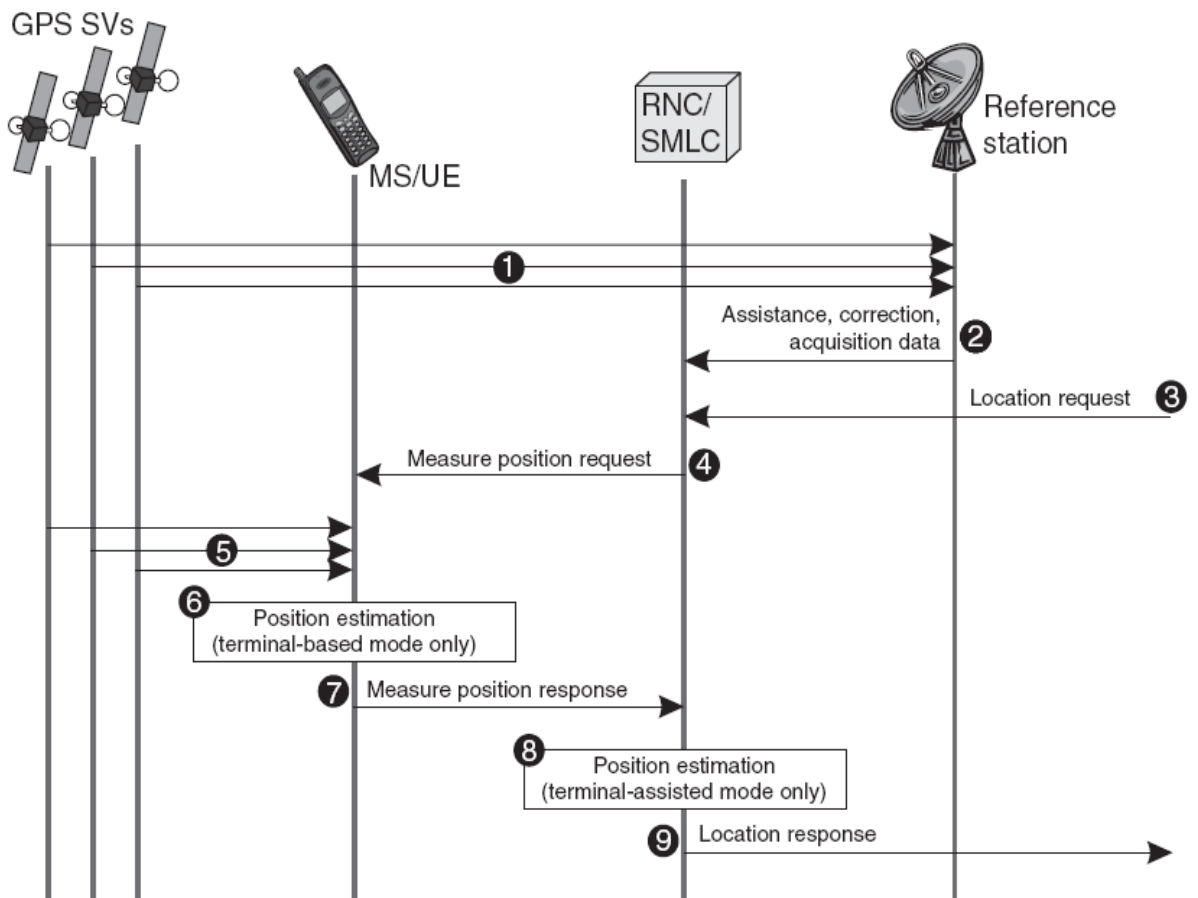


Fig. 22 Proceso de posicionamiento A-GPS

## CAPÍTULO IV

### 4.1 SIMULACION DE LAS TECNICAS DE LOCALIZACION CELL-ID/AoA, TDOA Y A-GPS

En este capítulo se explica y se representa de una manera grafica los procesos de localización estudiados en los capítulos anteriores para las técnicas indicadas, y representarlos de una manera comprensible.

Cabe indicar que los datos fueron tomados en lugares cercanos a la Universidad Nacional de Chimborazo y lugares sobresalientes de la ciudad de Riobamba.

Los datos de las Radio Bases (RBS) fueron tomados de la operadora OTECEL Movistar, las mismas que son: RBS1 (UNACH Vía a Guano) ubicada en el Campus Universitario Msc. Edison Riera, Km 1 ½ Vía a Guano, RBS2 (Loma de Quito) ubicada en las calles Ayacucho entre Carabobo y Rocafuerte, RBS3 (La Vasija) ubicada en las calles Espejo y la 44.

Para la realización de esta simulación se utilizó el programa Matlab 7, el mismo que desde los primeros años de la carrera se aprendió a programar.

Los archivos a ejecutarse deben ser cargados a la carpeta de Work de Matlab 7, y se los abrirán desde GUIDE siguiendo los siguientes pasos:

1. Abrir Matlab 7
2. Abrir GUIDE
3. Open existing GUI
4. Browse
5. Elegir el archivo a simular

Se presenta una portada Menú con los diferentes Métodos explicados anteriormente:

**❖ Posicionamiento Basado en Cobertura de Celdas\_Graphic:**

Archivo-m que genera el gráfico Cell ID+AOA a partir de datos reales tomados en lugares colindantes a la Universidad Nacional de Chimborazo y lugares sobresalientes de la ciudad de Riobamba.

**❖ Tiempo de Diferencia de Arribo (TDoA) y Curvas Hiperbólicas**

Archivo-m que genera el gráfico TDoA a partir de datos reales tomados en lugares colindantes a la Universidad Nacional de Chimborazo y lugares sobresalientes de la ciudad de Riobamba.

## ❖ Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Archivo-m que genera el gráfico GPS a partir de datos reales tomados en lugares colindantes a la Universidad Nacional de Chimborazo y lugares sobresalientes de la ciudad de Riobamba.

Al ejecutar el programa aparecerá la siguiente pantalla:



Fig.23 Menú y presentación de la simulación

## CELL ID/AoA

Al hacer clic en el botón Cobertura de Celdas se abre el programa y al ejecutarlo queda de la siguiente manera:

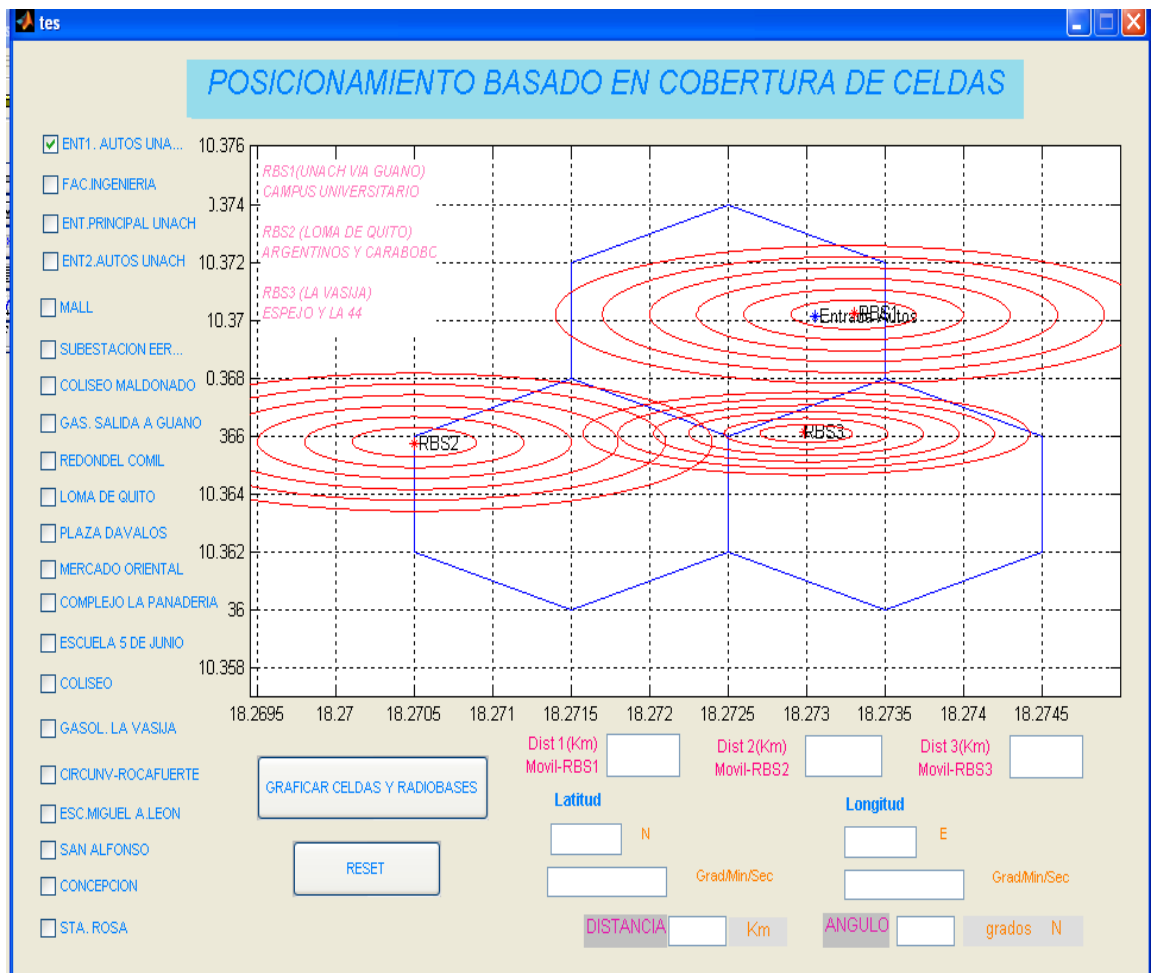


Fig.24 El SRNC realizando un pagin

En el programa podemos observar al RNC que controla 3 celdas. Ante una petición de localización el RNC es provisto con la identificación temporal del móvil a localizar, con lo cual el SRNC realiza un paging en las celdas una de las cuales contiene al móvil, el cual responde al paging y devuelve el número de la celda en la cual se encuentra.

Conocida la posición del móvil a nivel de celda, se puede mejorar la precisión utilizando los datos de AoA también presentes en la salida del RNC.

Se establece la celda en la que se encuentra el móvil, en este caso la Celda N° 1, que lleva este nombre porque aquí se encuentra la RBS1 (UNACH Vía a Guano) ubicada en el Campus Universitario Msc. Edison Riera, Km 1 ½ Vía a Guano.

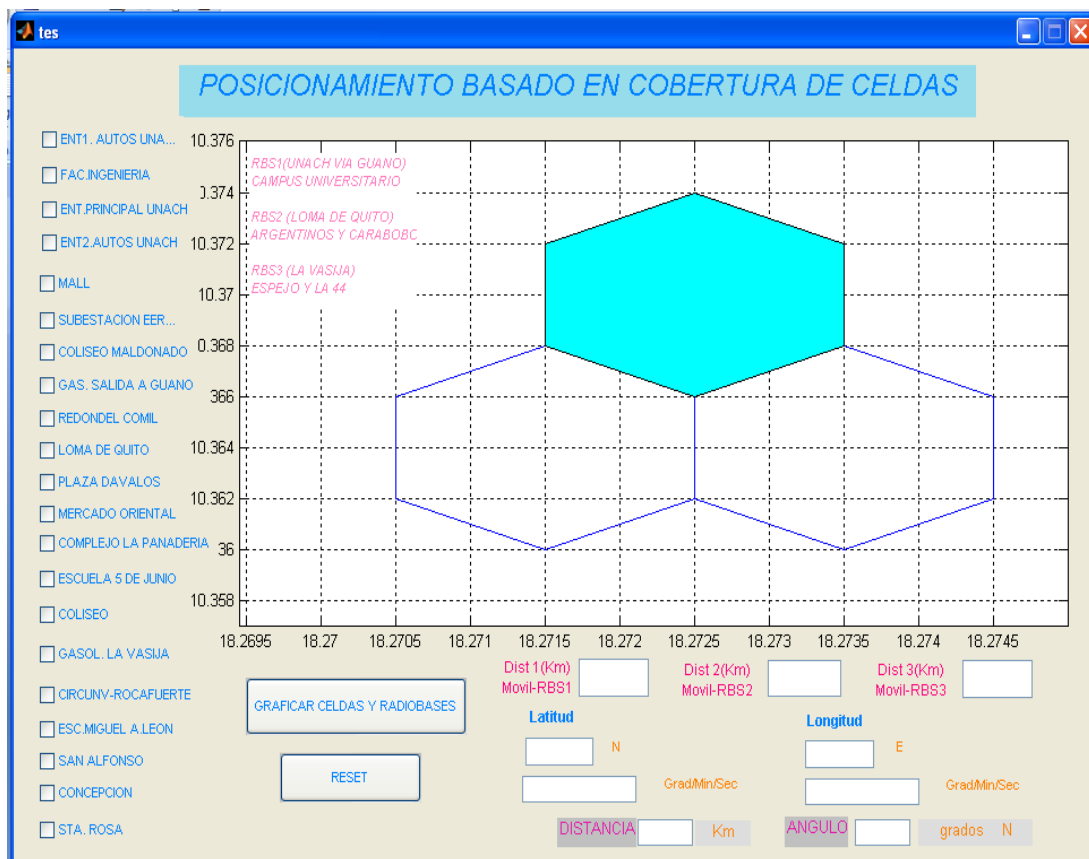


Fig.25 Celda en la que se encuentra el móvil



Finalmente se refina la posición del móvil usando los datos de AoA, con lo cual el móvil está ubicado en la Entrada1 de Autos del Campus Universitario, en las coordenadas geográficas:

Latitud=10.366 N (10°21 '57.60 '' ) N

Longitud= 18.2744 E (18°16 '27.84'' ) E

A una distancia aproximada de 0.1 Km. y un ángulo de 72° medidos desde el Norte

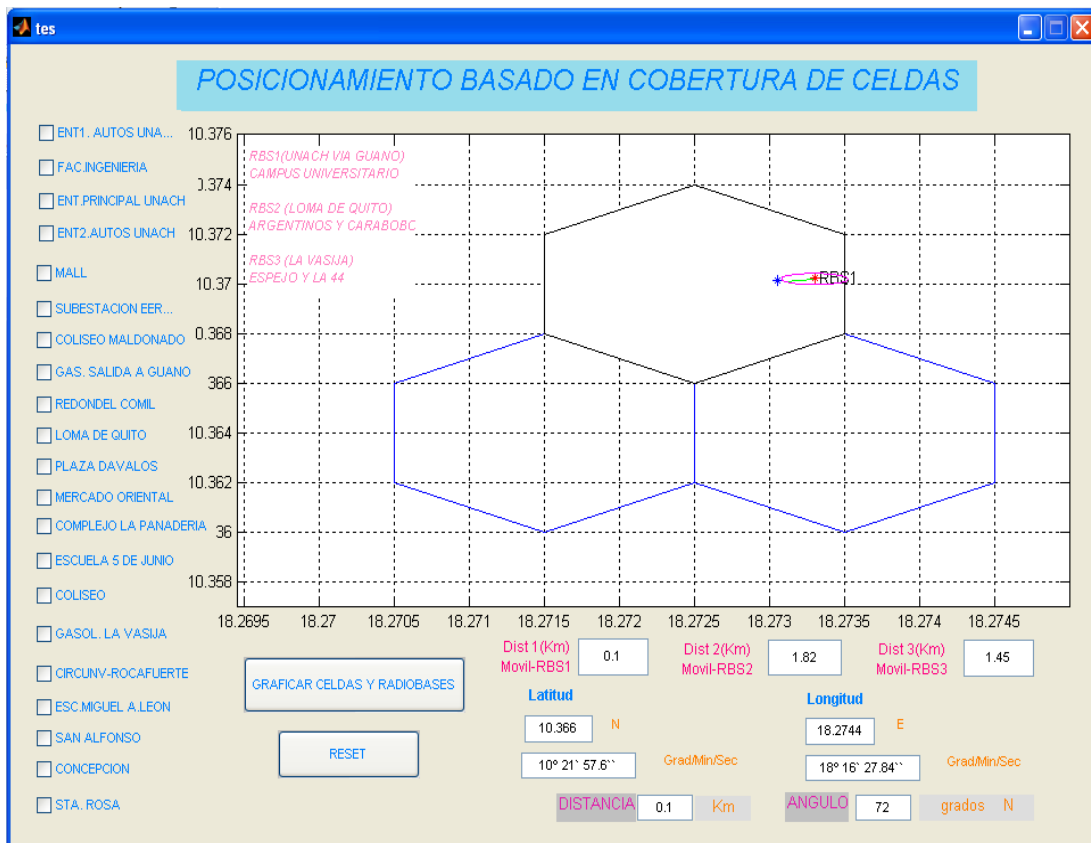


Fig. 26 Refinamiento de la posición usando Cell Id y AOA

## **TIEMPO DE DIFERENCIA DE ARRIBO Y CURVAS HIPÉRBOLICAS**

Abrimos el modelo de TDOA haciendo clic en el botón TDoA y Curvas Hiperbólica y lo ejecutamos, existe un RNC que controla un cluster de 3 celdas, ante una petición de localización, el móvil es instruido para realizar mediciones (OTD's) de las señales enviadas desde los Nodos B y retornarlas al SMLC en el RNC. Al mismo tiempo el LMU registra el tiempo de arribo de las mismas señales desde los Nodos B datos que son enviados al SMLC donde se calculan las diferencias de tiempo.

Como resultado se genera un gráfico el cual contiene las tres celdas y las hipérbolas con focos F1-F2 correspondientes a las RBS1 (UNACH Vía a Guano) y RBS2 (Loma de Quito) y F1-F3 correspondientes a las RBS1 (UNACH Vía a Guano) y RBS3 (La Vasija). Al observar los tiempos T1, T2 y T3 notamos que T1 es menor por lo cual el móvil debe estar ubicado en la Celda N°1, debido a que los tiempos de recepción del RNC son directamente proporcionales a la distancia; es decir para este caso el tiempo de recepción TRx es de 0.33  $\mu$  seg.

Este punto corresponde a la Entrada de Autos del Campus Universitario, en las coordenadas geográficas:

Latitud=10.3703 N (10°22 '12.98 ") N

Longitud= 18.2732 E (18°16 '23.51) E

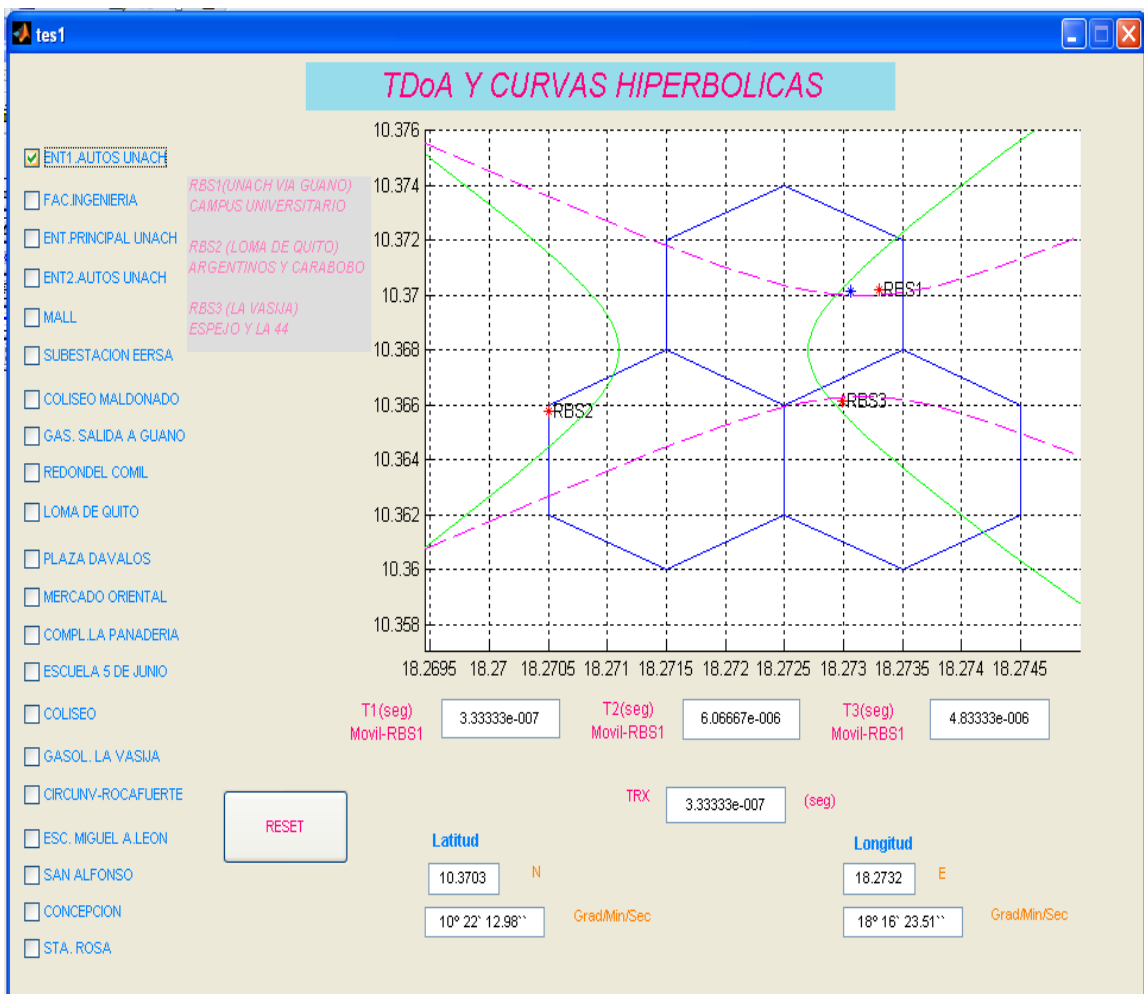


Fig. 27 Posicionamiento del UE usando TDOA y Curvas Hiperbólicas

## POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

1) El programa comienza creando la red UMTS, con los componentes necesarios para hacer Localización A-GPS. Crea los Nodos B, las celdas en forma hexagonal, el SMLC, la Estación de Referencia y los 4 satélites que tienen línea de vista con el objetivo móvil de los 24 satélites de la Constelación GPS.

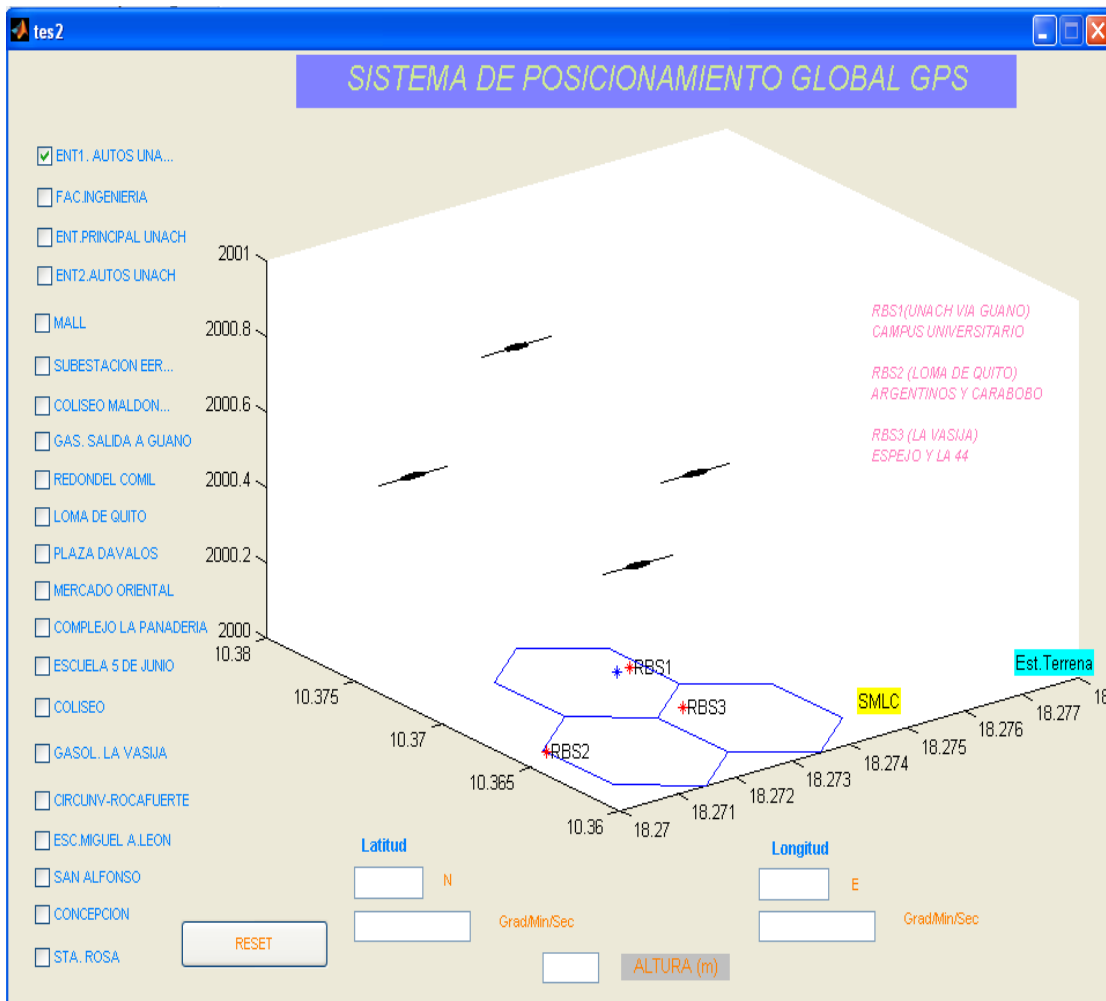


Fig. 28 Construcción de la red UMTS

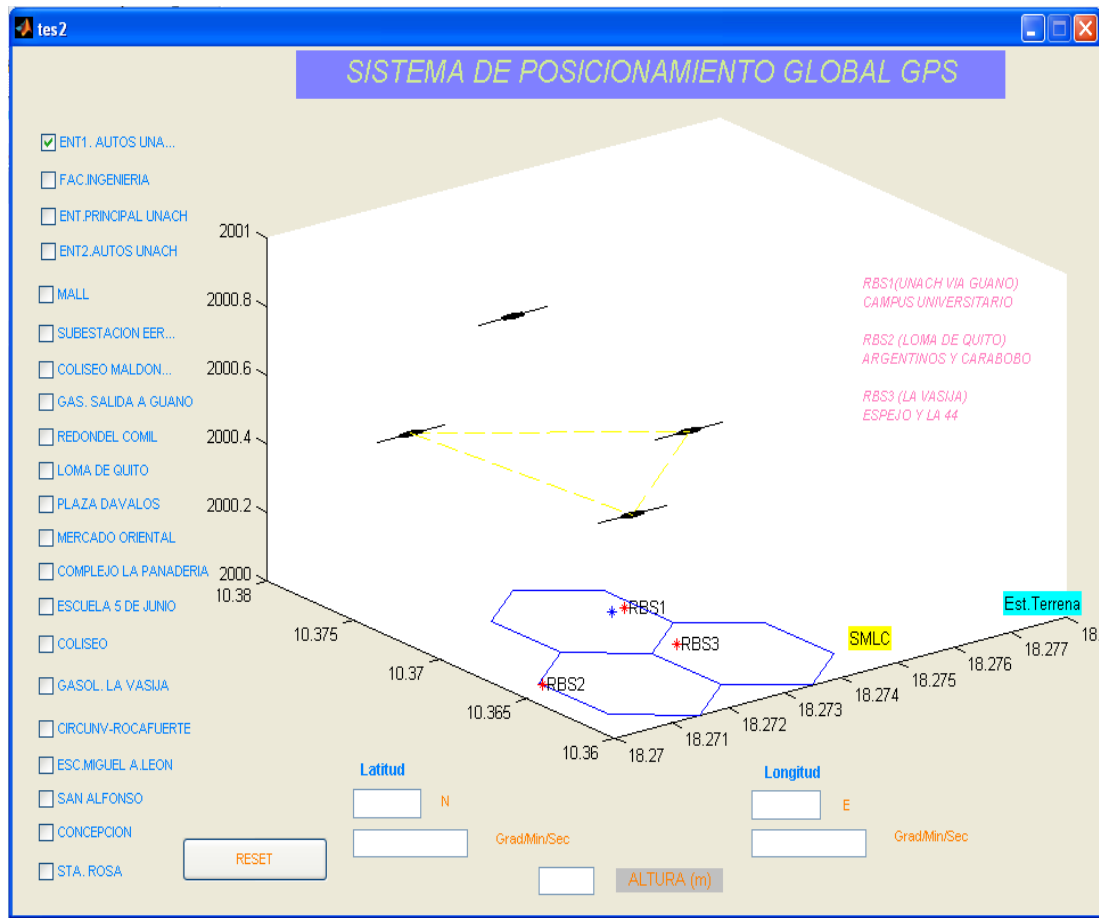


Fig. 29 Triangulación de los Satélites

2) A continuación los satélites envían la data de asistencia, adquisición y corrección a la Estación de referencia, y ésta los envía al SMLC.

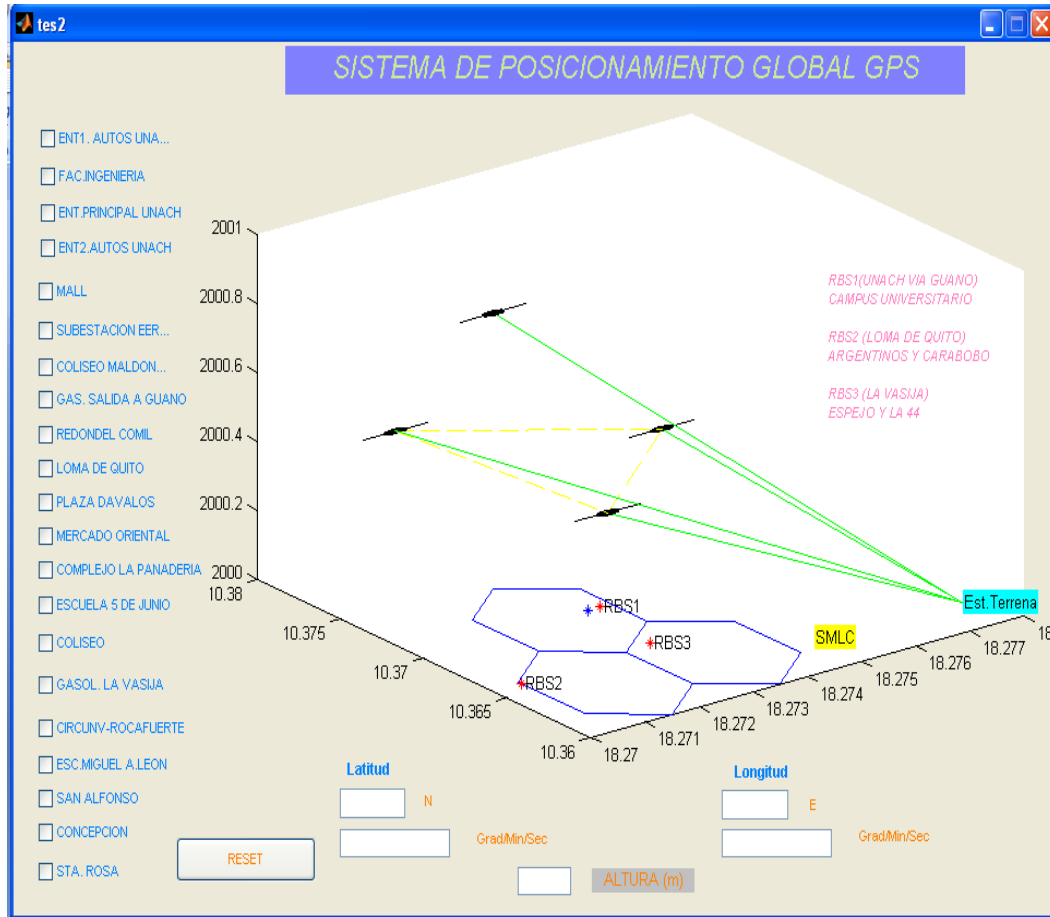


Fig. 30 Estación de referencia recibiendo la Data de Asistencia de los satélites

3) Entonces, el SMLC al recibir una petición de localización obtiene las coordenadas del Nodo B de la celda más cercana en que se encuentra el terminal. Luego el SMLC envía los datos a dicho Nodo B para que este a su vez los envíe al terminal móvil.

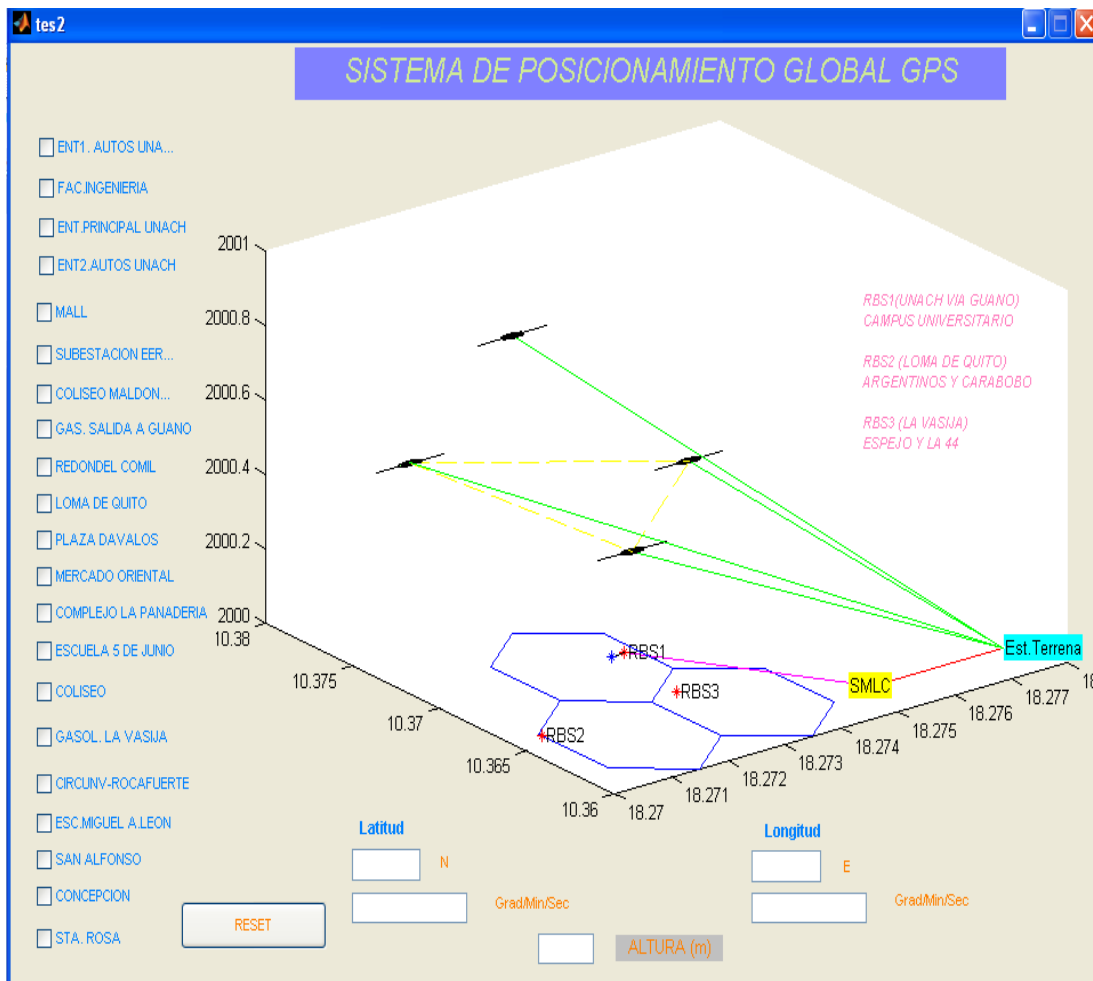


Fig. 31 Móvil recibiendo datos de la Red UMTS

4) El terminal es provisto con la información de la red y también es asistido con la data de los satélites. Con estos datos y con el receptor GPS incorporado en el UE, éste recibe las señales enviadas desde los satélites al UE.

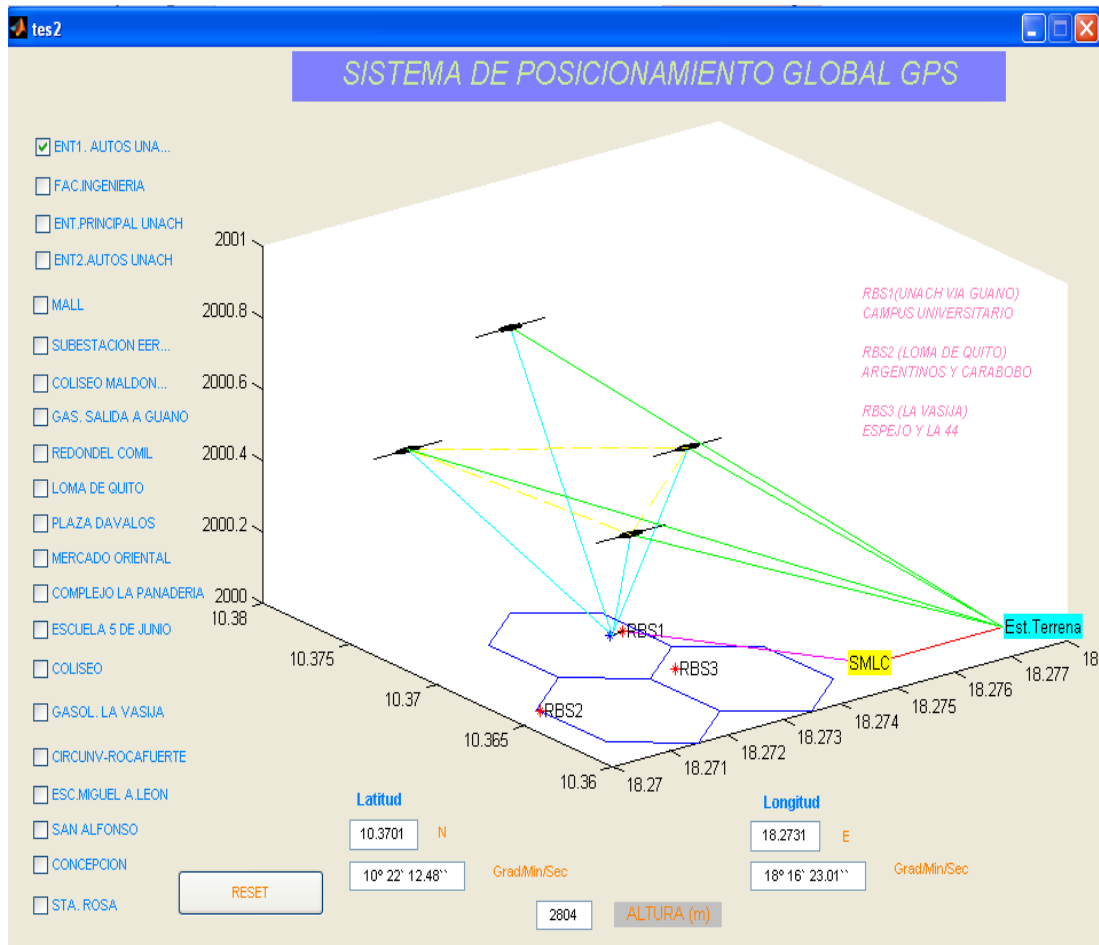


Fig. 32 Posicionamiento del UE usando A-GPS



5) Finalmente el valor presentado en pantalla corresponden a las coordenadas geográficas de latitud y longitud expresadas en  $^{\circ}$  ' '' (Grados, minutos y segundos) y altitud del UE

Las coordenadas geográficas corresponden a la Entrada1 de Autos del Campus Universitario

Latitud=10.3701 N            ( $10^{\circ}22'12.48''$ ) N

Longitud= 18.2731 E        ( $18^{\circ}16'23.01''$ ) E

Altitud= 2804 m

## 4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

- En el método Cell-Id realmente es la combinación de dos métodos que son: Cell-ID+AoA que nos da la ubicación del móvil en relación a coordenadas geográficas, un ángulo medido desde el Norte y una distancia radial formados alrededor de la RBS.

Margen de Error:

***Cell Id - TDOA y Curvas Hiperbólicas***

Lat = 0,3375% N

Long =0.3275% E

- En el método TDoA se utiliza la sincronización de reloj entre estaciones fijas, donde la posición del objetivo es una estimación de la intersección de hipérbolas o hiperboloides; en este caso para algunos lugares no coinciden dichas intersecciones con el punto debido a que son datos reales y como se puede observar en la Simulación las RBS no están ubicadas en el centro de la celdas.

Margen de Error:

***TDOA y Curvas Hiperbólicas – GPS***

Lat = 0,295% N

Long =0.319% E

- El método más confiable es A-GPS, por la exactitud de sus coordenadas geográficas, que son recibidas tanto por la Red UMTS como por los satélites y se escoge la señal más precisa luego de una comparación.

Margen de Error:

**Cell Id – GPS**

Lat=0,28% N

Long =0.3275%E

- Para una localización general utilizo Cell-Id+AoA, si requiero una precisión media el método TDoA+ Curvas Hiperbólicas nos dan una precisión aceptable, y si queremos ser mucho más precisos como en el rastreo de personas, bienes o vehículos, A-GPS es la mejor elección.
- En este estudio el método más recomendado es A-GPS para que los usuarios conozcan la ubicación de personas, bienes u objetos extraviados. En el turismo guiará al visitante hacia lugares sobresalientes de la ciudad de Riobamba. Además que es el método de mayor precisión.

## **CAPITULO V**

### **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones que se ha obtenido una vez culminado el presente proyecto de titulación.

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Se diseñó un sistema de Ubicación y Localización a través de una red UMTS, cumpliendo con los objetivos propuestos en este Estudio.
- Se realizó una investigación sobre los métodos de localización del móvil, los mismos que fueron representados de una manera gráfica, minuciosa y comprensible mediante una simulación.
- El posicionamiento es una herramienta básica para muchos servicios basados en la utilización de la información del mismo, no solo en tareas cotidianas como el rastreo de personas y objetos, sino también en la planificación y operación de redes celulares.
- La tecnología UMTS se encuentra en el mercado, por lo que la mayoría de ciudadanos pueden tener acceso a un dispositivo móvil con esta aplicación.

- La Radio Bases que se tomaron como puntos de referencia en la simulación de este proyecto corresponden a la operadora MOVISTAR, con mayor razón al encontrarse una de ellas en el interior del Campus Universitario, lo que facilitó el desarrollo de este Estudio.
- Las Radio Bases llevan el nombre de acuerdo al lugar cercano o sobresaliente de donde se encuentren ubicadas, para este estudio se tomó de referencia las siguientes: RBS1 (UNACH Vía a Guano) ubicada en el Campus Universitario Msc. Edison Riera, Km 1 ½ Vía a Guano, RBS2 (Loma de Quito) ubicada en las calles Ayacucho entre Carabobo y Rocafuerte, RBS3 (La Vasija) ubicada en las calles Espejo y la 44.
- Las Radio Bases (RBS) no se encuentran ubicadas en el centro en la celda de forma hexagonal, debido a que estos datos son reales, en teoría se considera que estas deben estar en el centro para que brinden una cobertura, sin embargo esto no siempre puede ser posible debido a que las operadoras no perennemente pueden instalarlas en los lugares correctos; esto se debe a que no existe un edificio, o los dueños de las viviendas no dan permiso a instalarlas por prejuicios o falta de conocimiento de Estudios de Espectro Radioeléctricos o estas se encuentran ocupadas por otras operadoras.
- El método de posicionamiento A-GPS utiliza un receptor GPS básico dentro del terminal objetivo que recibe la información de receptores GPS de apoyo a través de la red y realiza el cálculo.

- Para el desarrollo del método A-GPS se utilizó el GPS Garmin eTrex Vista HCx, existente en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Chimborazo, que brinda la misma aplicación en cuanto a un móvil con este servicio incorporado y que por su costo no se pudo adquirir.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Considerar este sistema como punto de partida para estudios e implementaciones posteriores, se podría considerar los factores ambientales como la lluvia, neblina, ruido e interferencia; para mejorar el sistema realizando cambios y ampliando más las aplicaciones de este proyecto.
- Para la toma de datos utilizar un GPS o un móvil con GPS incorporado en buen estado para evitar la toma de datos errados, ya que distorsiona la información de ubicación y localización y no se llegaría al lugar de manera oportuna, provocando una pérdida de recursos y tiempo.
- Los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, deberían realizar encuestas a la ciudadanía de cuanto conocen sobre el Espectro Radioeléctrico, y según estos resultados organizar con las autoridades de la Escuela y coordinadores barriales para dictar cursos a la ciudadanía.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **LIBROS**

- Axel Küpper, Localización Basada en Servicios Básicos de Operación 2005 John Wiley & Sons Ltd.
- David Muñoz, Frantz Bouchereau, Cesar Vargas, Técnicas de Ubicación de Posición y Aplicaciones, Academic Press, 2009
- Ian Poole, Comunicaciones Celulares explicadas a partir de Fundamentos de 3G, Primera Edición 2006 Newnes
- Sánchez-Thioune, UMTS, 2007 ISTE
- Matthias Klaus Thomas Siebert, Funcionamiento de Redes Inalámbricas y Móviles basadas en Información de Ubicación, (2006-12)
- Diego Barragán, Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab, 2010

### **INTERNET**

- Equipment (UE) positioning in UTRAN (Release 8) 3GPP TS 25.305 V 8.1.0, [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org), (2008-12)
- The Mathworks Inc., SIMULINK Dynamic System Simulation for MATLAB®, [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com), 1999.

- <http://www.positionlogic.com>
- <http://www.google-earth.es>
- <http://www.matpic.com>



# **ANEXOS**

## **ANEXO A: RADIO BASES UBICADAS EN ZONAS RURALES**

Estas Radio Bases (RBS), se encuentran ubicadas en su mayoría en zonas rurales por su infraestructura y volumen ya que se requiere de espacios amplios y grandes para la instalación de las antenas , gabinetes y su cuarto de equipos; en la ciudad es poco común ver una de estas sin embargo las podemos encontrar en lugares alejados a la urbe.



Fig. 1 Radio Base

**ANEXO B: RADIO BASES UBICADAS EN ZONAS URBANAS**



**(a)**



(b)

Fig. 2 (a) (b) Radio Base ubicada en una vivienda

Estas Radio Bases se ubican en zonas urbanas, se instalan en edificios o viviendas de alto con el fin de brindar cobertura, la operadora cancela a los dueños de las viviendas por el alquiler de estos lugares.

### ANEXO C: MÉTODO DE COBERTURA DE CELDA (CELL ID+AOA) CON DATOS IDEALES

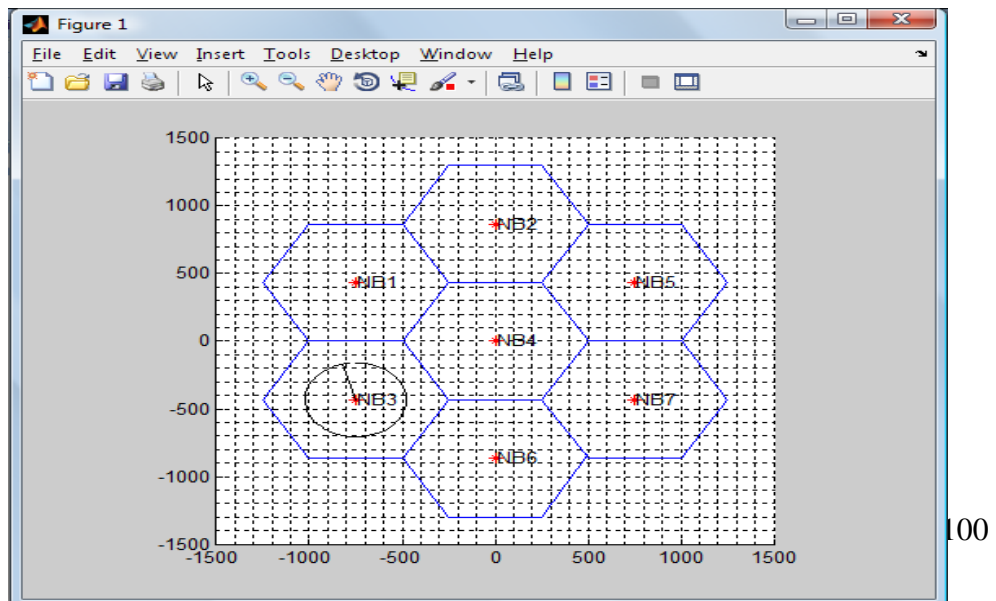


Fig. 3 Celdas con datos ideales

Para la simulación de este método se genero una matriz de datos aleatorios considerados como ideales; como se puede observar en la Fig.3 las Radio Bases se encuentran en el centro de las celdas; se calcula el numero de la celda en que se encuentra el móvil, su distancia radial y su ángulo con respecto al norte.

#### ANEXO D: MÉTODO DE COBERTURA DE CELDA (CELL ID+RTT+AOA) CON DATOS REALES

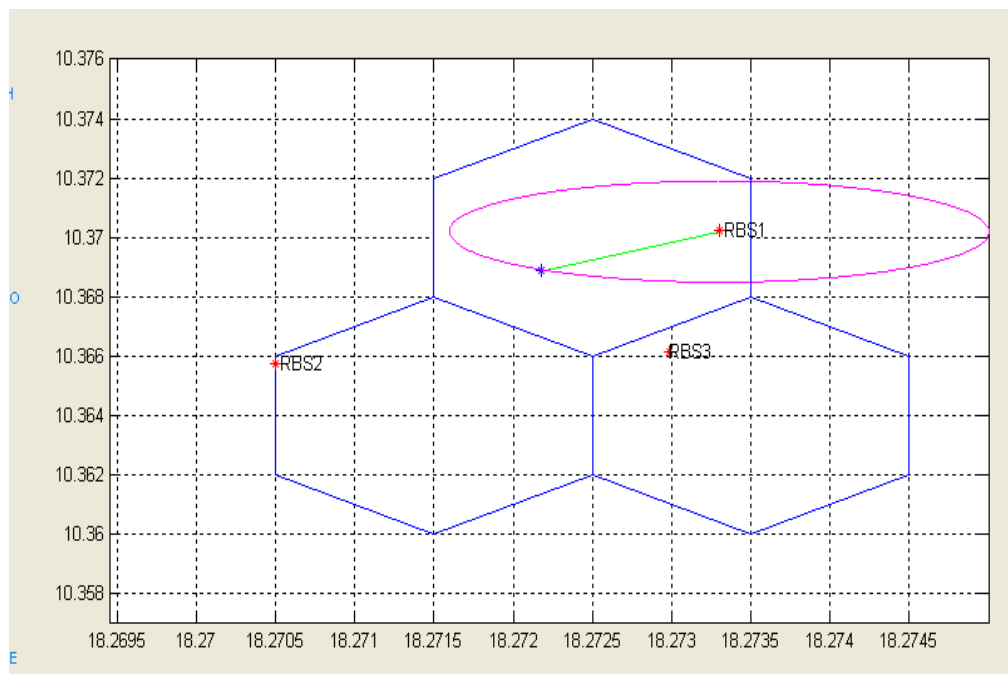


Fig. 4 Celdas con datos reales

Como se menciona en las Conclusiones esta simulación se lo realizo con datos reales tomados en lugares cercanos al Campus Universitario Msc. Edison Riera y sobresalientes a la ciudad de Riobamba; las Radio Bases se encuentran en lugares diferentes al centro de las celdas y esto se debe a que son datos reales que no necesariamente deben estar en el centro por las razones que fueron expuestas anteriormente

#### **ANEXO E: MÉTODO DE DIFERENCIA DE TIEMPO DE ARRIBO (TDoA) Y CURVAS HIPERBOLICAS CON DATOS IDEALES**

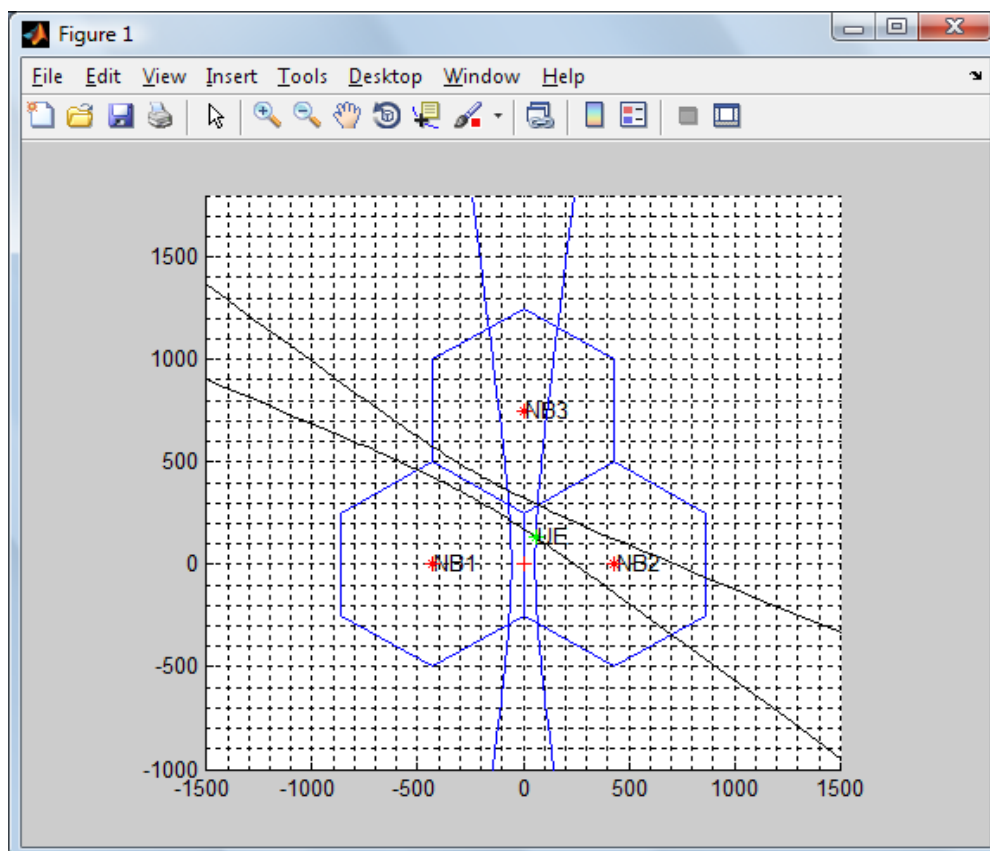


Fig. 5 Móvil intersecado en forma ideal por las curvas hiperbólicas

El móvil es intersecado por las curvas hiperbólicas en forma ideal; es decir el UE se ubica justo en el punto, no existiendo margen de error.

**ANEXO F: MÉTODO DE DIFERENCIA DE TIEMPO DE ARRIBO (TD<sub>o</sub>A) Y CURVAS HIPERBOLICAS CON DATOS REALES**

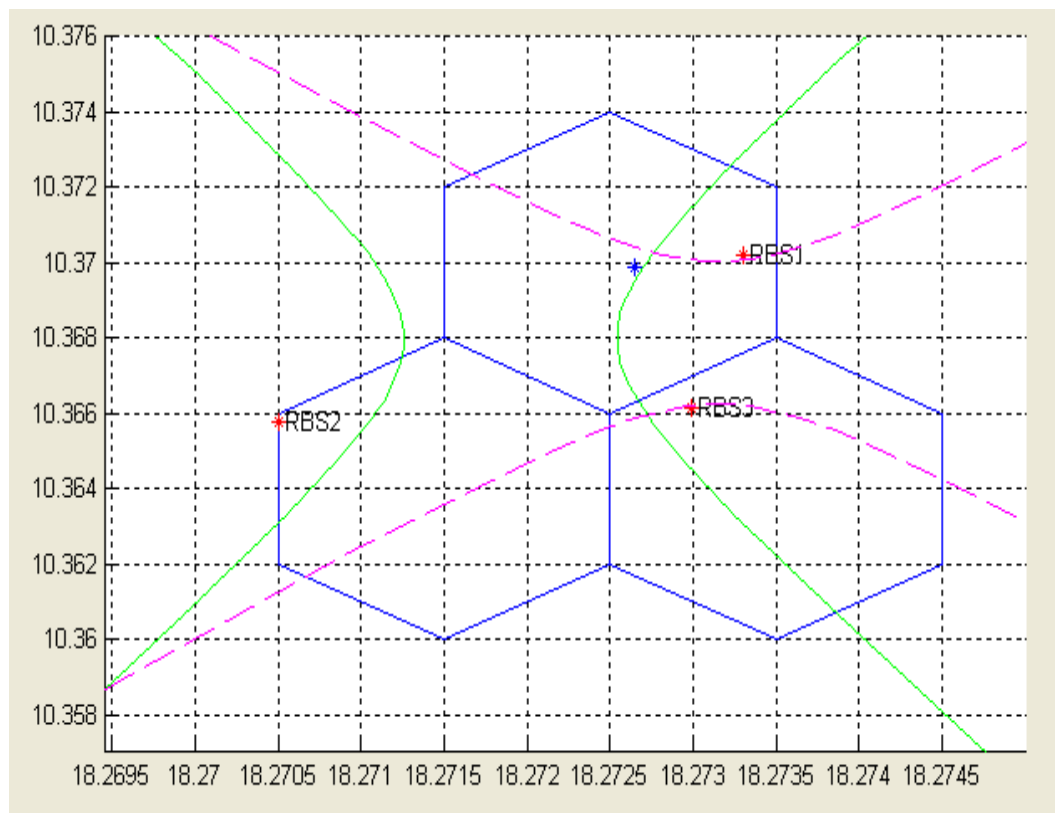


Fig. 6 Móvil intersecado en forma real por las curvas hiperbólicas

El móvil no es intersecado por las curvas hiperbólicas; es decir el UE está a pocos metros de la intersección, existiendo así un margen de error entre la intersección y la ubicación del móvil

## ANEXO G: MÉTODO ASISTIDO POR GPS CON DATOS IDEALES

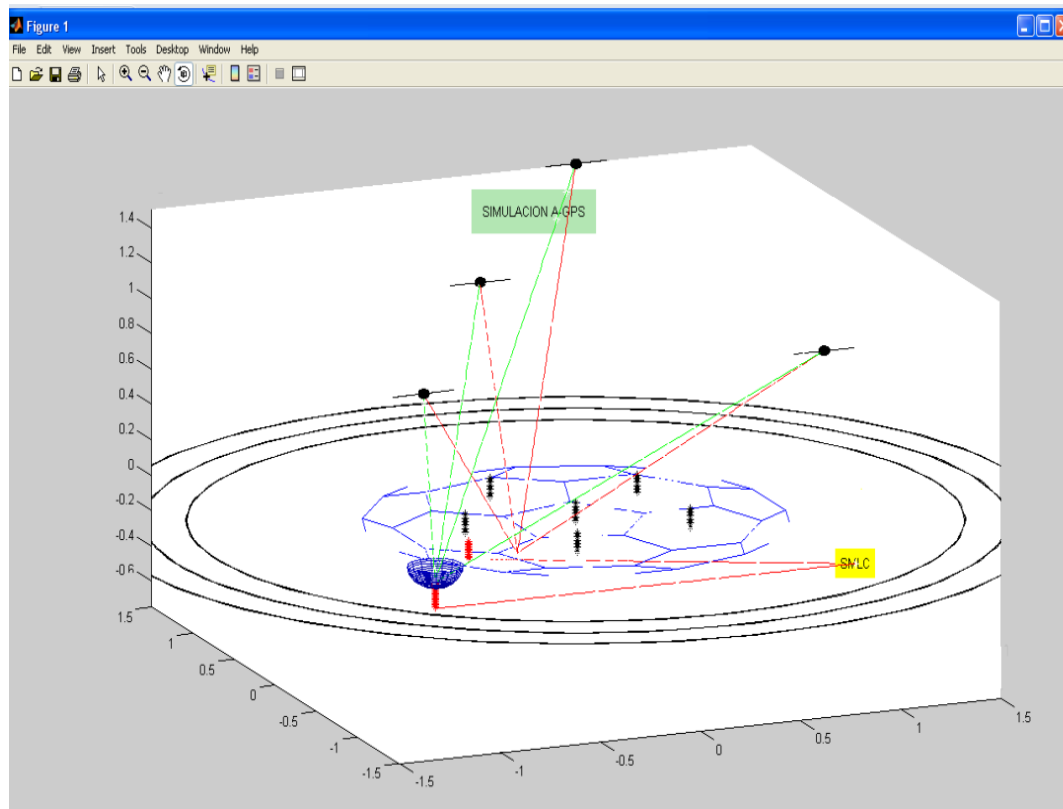


Fig. 7 Móvil localizado por GPS con datos ideales



La Estación de Referencia está ubicada en una dirección ideal; es decir que los datos de longitud, latitud y altitud corresponden a datos ideales.

#### ANEXO H: MÉTODO ASISTIDO POR GPS CON DATOS REALES

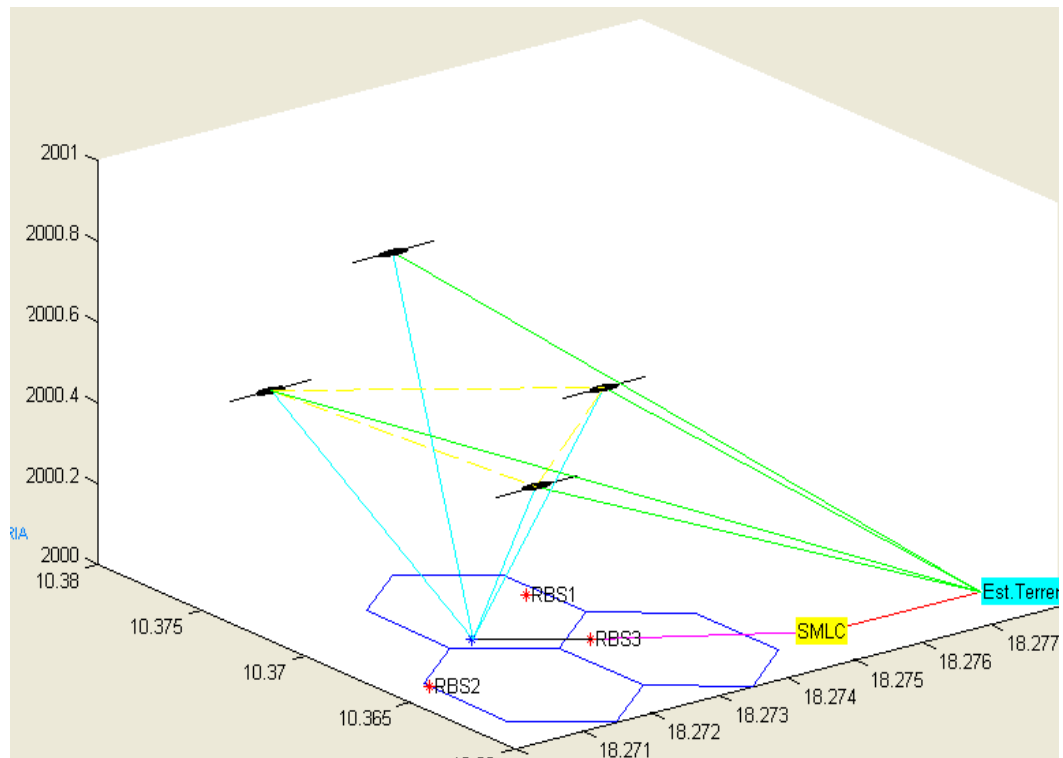


Fig. 8 Móvil localizado por GPS con datos reales

La Estación de Referencia está ubicada en una dirección apuntada a la realidad; es decir que los datos de longitud, latitud y altitud corresponden a datos reales.

## ANEXO I: MANUAL DE USUARIO GPS GARMIN ETREX VISTA HCX

### INICIO

#### Instalación de las baterías y la correa

El dispositivo eTrex funciona con dos baterías AA (no incluidas). Utilice baterías alcalinas, NiMH o de litio. Consulte la [página 37](#) para establecer el tipo de batería.

##### Para instalar las baterías:

1. Retire la tapa de la batería girando el anillo de fijación 1/4 de vuelta en sentido contrario al de las agujas del reloj y tirando de ella hasta que quede suelta.
2. Introduzca las baterías, teniendo en cuenta la polaridad correcta.

Extraiga las baterías si no va a utilizar la unidad durante varios meses. Los datos almacenados no se pierden al extraerlas.



Ranura de patilla de bloqueo  
Compartimento de las baterías

##### Para colocar la correa:

1. Pase el cordón de la correa por la ranura que hay en la base de la unidad.
2. Pase la correa a través del ojal que forma el cordón y tire de ella hasta que quede apretada.



Colocación de la correa

Adaptador de montaje auxiliar  
(No desechar. Este adaptador se acopla a la unidad para su conexión a los kits de montaje.)

## Funcionamiento de la unidad eTrex

### Explicación de los términos

**Seleccionar:** mueva la parte resaltada de la pantalla hacia arriba, abajo, a la izquierda o a la derecha con el botón de **DIRECCIÓN/INTRO** para seleccionar campos individuales.

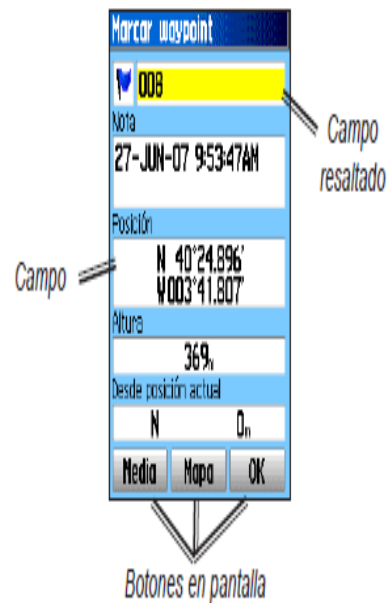
**Botón:** cuando se le indique que pulse un botón, púselo y suéltelo rápidamente.

**Campo:** ubicación en una página en la que se pueden mostrar o introducir datos o una opción.

**Botón en pantalla:** utilice el botón de **DIRECCIÓN/INTRO** para seleccionar un botón y púselo para **CONFIRMARLO**.

**Barra de desplazamiento:** al visualizar una lista de elementos demasiado larga para que quepa en la pantalla, aparece junto a ella una barra de desplazamiento. Para desplazarse por una lista, pulse el botón de **DIRECCIÓN** hacia arriba o hacia abajo o utilice los botones **Acercar** y **Alejar**.

**Valor por defecto:** configuración de fábrica guardada en la memoria de la unidad. Puede cambiar la configuración y volver a la configuración de fábrica seleccionando **Restablec. valores inic.**



### Convenciones del manual

En este manual, cuando se le indique que seleccione un elemento, aparecerá una pequeña flecha (>) en el texto. Indica que debe resaltar una serie de elementos en la pantalla mediante el botón de **DIRECCIÓN** y pulsar **INTRO** después de cada uno de ellos. Por ejemplo, si ve “seleccione Servicio > Mostrar información”, debe resaltar Servicio y pulsar **INTRO**. A continuación, resalte Mostrar información y pulse **INTRO** de nuevo.

## Funciones de los botones

### Botones de zoom ACERCAR/ ALEJAR

En la página Mapa, púselos para acercar o alejar el mapa.

En cualquier otra página, púselos para desplazarse hacia arriba o hacia abajo por una lista o mover el control deslizante resaltado.

### Botón MENÚ/BUSCAR

Pulse y suéltelo para ver el menú de opciones de una página.

Manténgalo pulsado para visualizar el menú Buscar.



### Botón de DIRECCIÓN/INTRO

Muévase hacia arriba o hacia abajo, a la izquierda o a la derecha para desplazarse por las listas, resaltar campos, botones en pantalla o iconos, introducir datos o mover la flecha de exploración del mapa.

Pulse y suéltelo para introducir las opciones y datos resaltados o confirmar mensajes en pantalla.

Pulse y manténgalo pulsado en cualquier momento para marcar su ubicación actual como un waypoint.

### Botón SALIR/PÁGINA

Púselo para desplazarse por las páginas principales.

Manténgalo pulsado para activar o desactivar el compás. (Sólo en Vista HCx y Summit HC)

### Botón de ENCENDIDO

Manténgalo pulsado para encender o apagar la unidad.

Pulse y suéltelo para activar la retroiluminación o para ver la hora, la fecha y la capacidad de la batería.

## Encendido de la unidad eTrex

Para encender y apagar la unidad eTrex:  
Mantenga pulsado el botón de **ENCENDIDO**.

## Ajuste de la retroiluminación

Para ajustar el nivel de retroiluminación:

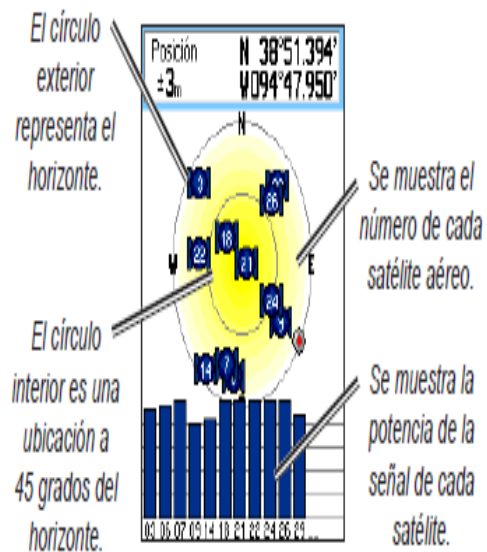
1. Pulse y suelte rápidamente el botón de **ENCENDIDO**.
2. Pulse el botón de **DIRECCIÓN** hacia arriba para aumentar el brillo y hacia abajo para disminuirlo.
3. Pulse **INTRO** o **SALIR** para salir.

## Inicio del receptor GPS

La primera vez que enciende la unidad eTrex, el receptor GPS debe reunir datos del satélite y establecer la ubicación actual. Para recibir señales del satélite, debe encontrarse al aire libre y tener una buena panorámica del cielo.

## Para iniciar la unidad eTrex:

Sujete la unidad frente a usted y hacia el cielo. Mientras el receptor GPS busca las señales del satélite, el mensaje "Localizando satélite." se sustituye por "Adquiriendo satélite." hasta que se hayan adquirido suficientes señales para fijar la ubicación.

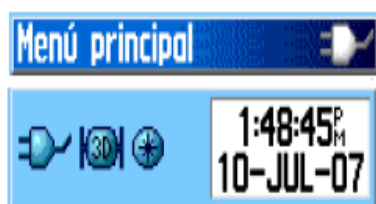


Si la unidad no puede establecer la posición de un satélite, aparecerá una lista de soluciones. Resalte la solución que desee y pulse **INTRO**.








## Barra de estado, fecha y hora

La barra de estado y la ventana de fecha/hora aparecen debajo del control deslizante de ajuste de la retroiluminación al pulsar y soltar el botón de ENCENDIDO.



Barra de estado y ventana de fecha/hora

La unidad recibe alimentación de las baterías o de una fuente auxiliar. El estado de alimentación se muestra en el menú principal y en la barra de estado. El icono de alimentación de la batería  muestra la capacidad restante cuando la batería se agota. El icono de alimentación externa  aparece cuando la unidad recibe alimentación externa.

El estado de la señal del satélite se muestra al buscar o adquirir satélites , cuando se alcanza una posición bidimensional  y cuando se alcanza una posición tridimensional .

El compás electrónico  (sólo en Vista HCx y Summit HC) aparece cuando se activa.

## Uso de las bases de datos de mapas

Muchas de las funciones de eTrex requieren que los datos detallados de los mapas estén totalmente operativos, por lo que es necesario transferir los mapas antes de usar la unidad. Las unidades eTrex Vista HCx y Legend HCx cuentan con una ranura para tarjetas microSD™ (proporcionada por el usuario) que se puede cargar con mapas detallados de discos de MapSource opcionales. Con los datos de los mapas MapSource seleccionados, puede ver listas de restaurantes cercanos, alojamientos, centros comerciales, atracciones y espectáculos y direcciones. La cantidad de datos transferibles es de 24 MB para los modelos eTrex Summit HC y Venture HC; para los modelos eTrex Vista HCx y Legend HCx, esta cantidad viene determinada por el tamaño de la tarjeta microSD.

Utilice el cable de interfaz USB, proporcionado con la unidad, para transferir datos de MapSource de un equipo a la tarjeta microSD cuando esté instalada en el dispositivo eTrex. Compre tarjetas microSD adicionales en su proveedor de electrónica local o visite el sitio Web de Garmin: [www.garmin.com](http://www.garmin.com) para obtener productos MapSource compatibles y tarjetas microSD cargadas previamente.

## FUNCIONAMIENTO BÁSICO

En esta sección se explican algunas de las operaciones más comunes que puede realizar con el dispositivo eTrex, incluidos la creación y el uso de waypoints, el uso del menú Buscar y la creación y el uso de tracks y rutas.

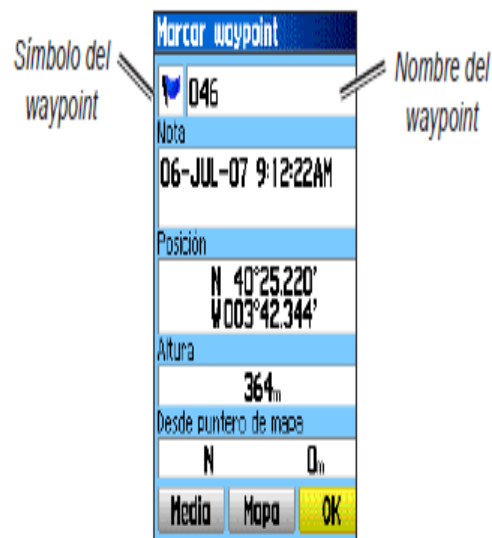
### Creación y uso de waypoints

Los waypoints son ubicaciones o puntos de referencia que graba y almacena en el GPS. Puede añadir waypoints a las rutas e incluso crear una función para ir directamente al waypoint seleccionado.

Puede crear waypoints mediante tres métodos. Pulse **INTRO** mientras está en una ubicación, cree un waypoint en la página Mapa o introduzca coordenadas para un waypoint manualmente.

#### ***Cómo marcar su ubicación actual***

Mantenga pulsado el botón de **DIRECCIÓN** para **MARCAR** rápidamente su ubicación actual creando un nuevo waypoint. Debe tener una posición válida (bidimensional o tridimensional) para marcar su ubicación actual.



Página Marcar waypoint

#### Para marcar su ubicación actual:

1. Mantenga pulsado el botón de **DIRECCIÓN** (**MARCAR**) hasta que aparezca la página Marcar waypoint. Se asigna un nombre de tres dígitos por defecto y un símbolo al nuevo waypoint.
2. Para aceptar el waypoint con la información por defecto, resalte **OK**.

O bien:

Para cambiar cualquier información, seleccione el campo correspondiente y pulse **INTRO** para abrir el teclado en pantalla. Después de introducir y confirmar los cambios, seleccione **OK**.

## Creación de waypoints con el mapa

### Para crear un waypoint mediante la página

#### Mapa:

1. En la página Mapa, utilice el botón de **DIRECCIÓN** para mover el puntero al elemento del mapa que desee marcar.
2. Pulse y suelte rápidamente el botón **DIRECCIÓN** para captar la ubicación del puntero y abra la página de información del elemento del mapa.
3. Seleccione **Guard.** Si no hay información para ese punto, aparecerá la pregunta "Sin información del mapa en este punto. ¿Desea crear aquí un waypoint del usuario?"; seleccione **Sí**.

## Edición de waypoints

Puede editar waypoints para cambiar el símbolo, el nombre, la nota, la ubicación y la altura.

### Para editar un waypoint:

1. Mantenga pulsado **BUSCAR**.
2. Seleccione **Waypoints**.
3. Seleccione el waypoint que desee editar y pulse **INTRO**.
4. Para realizar los cambios, resalte cada campo; utilice la carta de símbolos de waypoint y el teclado alfanumérico para introducir nuevos datos.

### Para eliminar un waypoint:

En la página Waypoints, seleccione el waypoint que desee borrar > **Borrar**.



---

**NOTA:** una vez borrado un waypoint, no podrá recuperarlo de la unidad.

---

### Para mover un waypoint en la página Mapa:

1. Pulse **BUSCAR > Waypoints**.
2. Seleccione el waypoint que desee mover y pulse **INTRO**.
3. Seleccione **Mapa** para que se muestre el waypoint en el mapa.
4. Pulse **INTRO** para colocar un indicador de **MOVIMIENTO** junto al waypoint.
5. Utilice el botón de **DIRECCIÓN** para mover el waypoint a una nueva ubicación y pulse **INTRO**.



## Creación de waypoints con el mapa

### Para crear un waypoint mediante la página Mapa:

1. En la página Mapa, utilice el botón de **DIRECCIÓN** para mover el puntero al elemento del mapa que desee marcar.
2. Pulse y suelte rápidamente el botón **DIRECCIÓN** para captar la ubicación del puntero y abra la página de información del elemento del mapa.
3. Seleccione **Guard.**. Si no hay información para ese punto, aparecerá la pregunta "Sin información del mapa en este punto. ¿Desea crear aquí un waypoint del usuario?"; seleccione **Sí**.

## Edición de waypoints

Puede editar waypoints para cambiar el símbolo, el nombre, la nota, la ubicación y la altura.

### Para editar un waypoint:

1. Mantenga pulsado **BUSCAR**.
2. Seleccione **Waypoints**.
3. Seleccione el waypoint que desee editar y pulse **INTRO**.
4. Para realizar los cambios, resalte cada campo; utilice la carta de símbolos de waypoint y el teclado alfanumérico para introducir nuevos datos.

### Para eliminar un waypoint:

En la página **Waypoints**, seleccione el waypoint que desee borrar > **Borrar**.



---

**NOTA:** una vez borrado un waypoint, no podrá recuperarlo de la unidad.

---

### Para mover un waypoint en la página Mapa:

1. Pulse **BUSCAR** > **Waypoints**.
2. Seleccione el waypoint que desee mover y pulse **INTRO**.
3. Seleccione **Mapa** para que se muestre el waypoint en el mapa.
4. Pulse **INTRO** para colocar un indicador de **MOVIMIENTO** junto al waypoint.
5. Utilice el botón de **DIRECCIÓN** para mover el waypoint a una nueva ubicación y pulse **INTRO**.

## Para borrar uno o todos los waypoints de proximidad de la lista:

Para eliminar una única entrada, pulse **INTRO**.

Para eliminar todos los waypoints de la lista, pulse **MENÚ > Eliminar todo**.

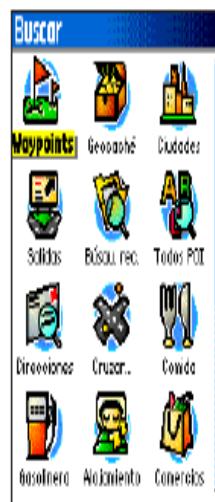
## Para establecer tonos de alarma de proximidad:

1. Seleccione **Tonos alarma proximidad**. (sólo para unidades eTrex HCx). El tono de las alarmas en las unidades eTrex HC está preestablecido.
2. Utilice la página de configuración de las unidades eTrex HC para asignar tonos a los tipos de alarmas mostrados. Las alertas de velocidad se obtienen mediante POI Loader (consulte la [página 16](#)).
3. Active **Alarmas de proximidad** para iniciar la función de alarma. Al activar una alarma, suena un tono y aparece el mensaje "Cerca de punto de proximidad". Cuando está fuera del radio establecido, aparece el mensaje "Dejando punto de proximidad".

## Para activar o desactivar alarmas de proximidad:

Pulse **MENÚ** dos veces > **Proximidad** (unidades eTrex HCx y HC) > **Tonos alarma proximidad**. (unidades eTrex HCx) y active o desactive la casilla **Alarmas de proximidad**.

## Uso del menú Buscar



**Menú Buscar con datos de MapSource opcionales**

Utilice el menú **Buscar** para buscar waypoints, geocachés, ciudades y salidas en el mapa base de eTrex. Aparecen iconos adicionales según los datos de MapSource opcionales cargados en la unidad. Mantenga pulsado el botón **BUSCAR** para abrir el menú **Buscar**.

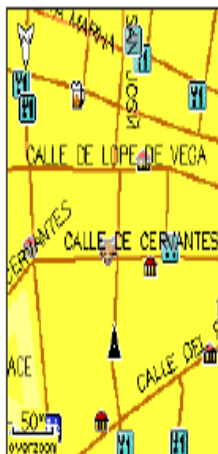
Cuando acceda a una lista de grupos de búsqueda, comprobará que contiene elementos cerca de la ubicación actual o del puntero del mapa.

El menú de opciones para cada categoría contiene opciones de búsqueda. Seleccione una categoría.

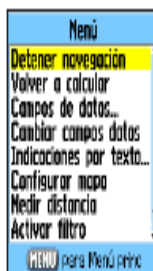
## PÁGINAS PRINCIPALES

Las unidades eTrex Vista HCx y Summit HC tienen cuatro páginas principales: página Mapa, página Compás, página Altimetro y Menú principal. Los dispositivos eTrex Legend HCx y Venture HC no disponen de la página Altimetro. Desplácese por estas páginas pulsando SALIR. Añada páginas adicionales mediante la opción Orden de páginas en el menú principal. La página Ruta activa aparece en la secuencia cuando está navegando activamente por una ruta. La página Satélite sólo aparece al inicio.

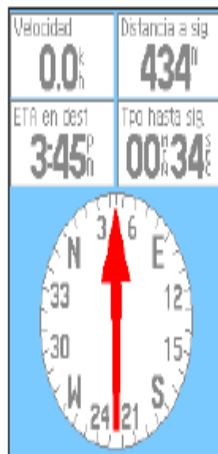
Cada página tiene un menú de opciones. Para ver el menú de opciones de una página, pulse MENÚ.



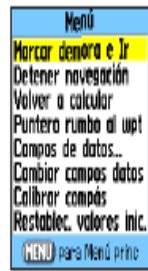
Página Mapa



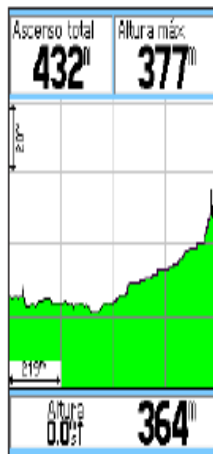
Menú de opciones de la página Mapa



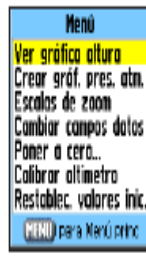
Página Compás



Menú de opciones de la página Compás



Página Altimetro



Menú de opciones de la página Altimetro



Menú principal



Sin opciones

## **ANEXO J: DATOS RECIBIDOS POR EL GPS**

### **ESTACIONAMIENTO DE LOS AUTOS DE LAS AUTORIDADES UNACH**

\$PMGNWPL,0139.254,S,07838.632,W,0002793,M,P05,,a\*0A

\$PMGNCMD,END\*3D

### **ENTRADA PRINCIPAL UNACH**

\$PMGNWPL,0139.170,S,07838.627,W,0002798,M,P04,,a\*01

\$PMGNCMD,END\*3D

### **GASOLINERA LA VASIJA**

\$PMGNWPL,0139.808,S,07838.409,W,0002779,M,PN01,,a\*4D

\$PMGNCMD,END\*3D

### **MALL**

\$PMGNWPL,0139.242,S,07838.689,W,0002791,M,P21,,a\*09

\$PMGNCMD,END\*3D

### **CONCEPCION**

\$PMGNWPL,0140.248,S,07838.945,W,0002777,M,PN9,,a\*7E

\$PMGNCMD,END\*3D

### **SANTA ROSA**

\$PMGNWPL,0140.369,S,07839.219,W,0002773,M,PN8,,a\*7A

\$PMGNCMD,END\*3D

### **ESCUELA 5 DE JUNIO**

\$PMGNWPL,0139.971,S,07838.842,W,0002770,M,P27,,a\*02

\$PMGNCMD,END\*3D

### **REDONDEL COMIL**

\$PMGNWPL,0139.802,S,07838.964,W,0002795,M,P25,,a\*0B

\$PMGNCMD,END\*3D

### **LOMA DE QUITO**

\$PMGNWPL,0139.991,S,07839.158,W,0002794,M,P09,,a\*09

\$PMGNCMD,END\*3D

## **ANEXO K: LINEAS DE PROGRAMACION DE LOS METODOS DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION A TRAVES DE UNA RED UMTS**

### **METODO COBERTURA DE CELDAS CELL ID+RTT+AOA**

%celda 1

p=[18.2725 18.2735 18.2735 18.2725 18.2715 18.2715 18.2725];

q=[10.374 10.372 10.368 10.366 10.368 10.372 10.374];

plot(p,q)

%celda 2

p=[ 18.2715 18.2725 18.2725 18.2715 18.2705 18.2705 18.2715];

q=[ 10.368 10.366 10.362 10.36 10.362 10.366 10.368];

plot(p,q)

%celda 3

p=[18.2735 18.2745 18.2745 18.2735 18.2725 18.2725 18.2735];

q=[10.368 10.366 10.362 10.36 10.362 10.366 10.368];

plot(p,q)

```
% % % % monopolio o RBS1
```

```
e=01776.2390
```

```
a=dms2mat(e)
```

```
b=(dms2deg(e))
```

```
n=0981.7278
```

```
a1=dms2mat(n)
```

```
b1=(dms2deg(n))
```

```
plot(b,b1,'*r')
```

```
text(b,b1,' RBS1')
```

```
e=01776.1380
```

```
a=dms2mat(e)
```

```
b=(dms2deg(e))
```

```
n=0981.5677  
  
a1=dms2mat(n)  
  
b1=(dms2deg(n))  
  
plot(b,b1,'*r')  
  
text(b,b1,'RBS2')
```

```
e=01776.2275  
  
a=dms2mat(e)  
  
b=(dms2deg(e))  
  
n=0981.5810  
  
a1=dms2mat(n)  
  
b1=(dms2deg(n))  
  
plot(b,b1,'*r')  
  
text(b,b1,'RBS3')
```

```
for n=1:0.25:7.25;
```



```

t=0:0.001:2*pi;

%

plot(0.0004*n*sin(t)+18.2733,0.0005*n*cos(t)+10.3702,'r')

plot(0.0004*n*sin(t)+18.2705,0.0005*n*cos(t)+10.3658,'r') %paging NB2

plot(0.0003*n*sin(t)+18.2730,0.0003*n*cos(t)+10.3661,'r') %paging NB3

pause(0.01) %pausa 2

end

if m<=4

    cla

end

end

pause(1)

cla

e=01776.2301

```

```
a=dms2mat(e)

b=(dms2deg(e))

n=0981.7248

a1=dms2mat(n)

b1=(dms2deg(n))

plot(b,b1,'*b')

% text(b,b1,'Entrada Autos')

%%patch

%%celda 1

p=[18.2725 18.2735 18.2735 18.2725 18.2715 18.2715 18.2725];

q=[10.374 10.372 10.368 10.366 10.368 10.372 10.374];

patch(p,q,'c')

pause(2)

%%patch

%%celda 1
```

```
p=[18.2725 18.2735 18.2735 18.2725 18.2715 18.2715 18.2725];
```

```
q=[10.374 10.372 10.368 10.366 10.368 10.372 10.374];
```

```
patch(p,q,'w')
```

```
% % % % monopolio o RBS1
```

```
e=01776.2390
```

```
a=dms2mat(e)
```

```
b=(dms2deg(e))
```

```
n=0981.7278
```

```
a1=dms2mat(n)
```

```
b1=(dms2deg(n))
```

```
plot(b,b1,'*r')
```

```
text(b,b1,' RBS1')
```

```
e=01776.2301
```

```
a=dms2mat(e)
```

```
b=(dms2deg(e))
```

```
n=0981.7248
```

```
a1=dms2mat(n)
```

```
b1=(dms2deg(n))
```

```
plot(b,b1,'*b')
```

### **METODO COBERTURA DE CELDAS CELL ID+RTT+AOA**

```
hold on
```

```
grid on
```

```
% axis equal
```

```
axis([18.26945 18.275 10.357 10.376]);
```

```
%distancia
```

```
p1=[18.2731 18.2733];
```

```
q1=[10.3701 10.3702];
```

```
p2=[18.2731 18.2705];
```

```
q2=[10.3701 10.3658];
```

```
p3=[18.2731 18.2730];
```

```
q3=[10.3701 10.3661];
```

```
D=sqrt((18.2733-18.2705)^2+(10.3702-10.3658)^2);
```

```
c=D/2;
```

```
h=(18.2733+18.2705)/2
```

```
k=(10.3702+10.3658)/2
```

```
% plot(h,k,'m')
```

```
% valores de a y b
```

```
delta=abs(d1-d2);
```

```
A=delta/6;
```

```

    B=sqrt(c^2-A^2);

pause(1)

%

%ramal derecho

t=linspace(-pi/2,pi/2,20);

xd=h+A*sec(t);

yd=k+B*tan(t);

plot(xd,yd,'g')

%ramal izquierdo

t=linspace(pi/2+0.001,(3*pi/2)-0.01,20);

xi=h+A*sec(t);

yi=k+B*tan(t);

plot(xi,yi,'g')

pause(2.5)

e=01776.2301

a=dms2mat(e)

b=(dms2deg(e))

```

```
n=0981.7248  
  
a1=dms2mat(n)  
  
b1=(dms2deg(n))  
  
plot(b,b1,'*b')  
  
% text(b,b1,'Entrada Autos')
```

## **METODO ASISTIDO POR GPS**

```
axes(handles.axes1)  
  
grid on  
  
axis([18.26945 18.275 10.357 10.376]);  
  
hold on  
  
e=01776.2390  
  
a=dms2mat(e)  
  
b=(dms2deg(e))  
  
n=0981.7278  
  
a1=dms2mat(n)
```

```

b1=(dms2deg(n))

plot3(b,b1,2000,'*r')

text(b,b1,2000,' RBS1')

t = 0:0.02:0.1;

hold on

% % % % RBS RBBA ESTE

e=01776.1380

a=dms2mat(e)

b=(dms2deg(e))

n=0981.5677

a1=dms2mat(n)

b1=(dms2deg(n))

plot3(b,b1,2000,'*r')

text(b,b1,2000,' RBS2')

%

hold on

```



```
% % % % % RBS3 La Vasija
```

```
e=01776.2275
```

```
a=dms2mat(e)
```

```
b=(dms2deg(e))
```

```
n=0981.5810
```

```
a1=dms2mat(n)
```

```
b1=(dms2deg(n))
```

```
plot3(b,b1,2000,'*r')
```

```
text(b,b1,2000,' RBS3')
```

```
%Est.Terrena
```

```
hold on
```

```
a=dms2mat(e)
```

```
b=(dms2deg(e))
```

```
a1=dms2mat(n)
```

```
b1=(dms2deg(n))
```

```
plot3(b,b1,2000,'c')
```

```

%% % CREO EL SMLC

e=01775.9101

a=dms2mat(e)

b=(dms2deg(e))

n=0981.4480

a1=dms2mat(n)

b1=(dms2deg(n))

plot3(b,b1,2000,'y')

pause(2)

hold on

% generacion de radianes

k = 5;

n = 2^k-1;

theta = pi*(-n:2:n)/n;

phi = (pi/2)*(-n:2:n)/n;

% *****

```

```
%CONSTRUYO LOS SATELITES GPS EN EL ESPACIO
```

```
%*****
```

```
pause(1)
```

```
%Satelite GPS 1 en el espacio
```

```
surf(X,Y,Z)
```

```
n = 2;
```

```
theta1 = pi*(-n:2:n)/n;
```

```
phi1 = pi*(-n:2:n)/n;
```

```
X = 0.0002*3*cos(phi1)*cos(theta1)+18.271;
```

```
Y = 0.0002*2*cos(phi1)*sin(theta1)+10.375;
```

```
Z = 0.0002*3*sin(phi1)*ones(size(theta1))+2000.5;
```

```
surf(X,Y,Z)
```

```
pause (1)
```

```
hold on
```

```
%Satelite GPS 2 en el espacio
```

```
surf(X,Y,Z)
```

```
n = 2;
```

```
theta1 = pi*(-n:2:n)/n;
```

```
phi1 = pi*(-n:2:n)/n;
```

```
surf(X,Y,Z)
```

```
pause (1)
```

```
hold on
```

```
%Satelite GPS 3 en el espacio
```

```
surf(X,Y,Z)
```

```
n = 2;
```

```
theta1 = pi*(-n:2:n)/n;
```

```
phi1 = pi*(-n:2:n)/n;
```

```
surf(X,Y,Z)
```

```
pause (1)
```

```
hold on

%Satelite GPS 4 en el espacio

surf(X,Y,Z)

n = 2;

theta1 = pi*(-n:2:n)/n;

phi1 = pi*(-n:2:n)/n;

surf(X,Y,Z)

pause(1)

hold on

p1=[18.271  18.275 ];

q1=[10.375  10.372 ];

r1=[2000.5  2000.4 ];

plot3(p1,q1,r1,'--y')
```

```
%%%%%DATA DE SATELITES A LA ESTACION TERRENA
```

```
pause(0.5)
```

```
p1=[18.271 18.2776];
```

```
q1=[10.375 10.3624];
```

```
r1=[2000.5 2000];
```

```
plot3(p1,q1,r1,'-g')
```

```
p1=[18.275 18.2776];
```

```
q1=[10.372 10.3624];
```

```
r1=[2000.4 2000];
```

```
plot3(p1,q1,r1,'-g')
```

```
%% EST. TERRENA A SMLC
```

```
i=0;
```

```
for i=0:3;
```

```
pause(1)

p1=[18.2753 18.2776 ];

q1=[10.3624 10.3624 ];

r1=[2000 2000 ];

plot3(p1,q1,r1,'-r')

pause (0.5)

if i>=3

    plot3(p1,q1,r1,'-r')

end

%% SMLC A RBS

i=0;

for i=0:3;

pause(1)

pause(0.5)

p1=[18.2753 18.2733 ];

q1=[10.3624 10.3702 ];

r1=[2000 2000 ];
```

```

plot3(p1,q1,r1,'-w')

end

if i>=3

    plot3(p1,q1,r1,'-m')

end

%% RBS A MOVIL

i=0;

for i=0:3

    pause(1)

    p1=[18.2731  18.2733 ];

    q1=[10.3701  10.3702 ];

    r1=[2000  2000 ];

    plot3(p1,q1,r1,'-k')

end

if i>=3

    plot3(p1,q1,r1,'-k')

```



```
end
```

```
%% SATELITES AL MOVIL
```

```
pause(2)
```

```
p1=[18.2725 18.2731];
```

```
q1=[10.374 10.3701];
```

```
r1=[2000.8 2000];
```

```
plot3(p1,q1,r1,'-c')
```

```
p1=[18.275 18.2731];
```

```
q1=[10.372 10.3701];
```

```
r1=[2000.4 2000];
```

```
plot3(p1,q1,r1,'-c')
```