



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Facultad de Ingeniería



**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE PERMITA
LA MEDICIÓN DE LA RELACIÓN PORTADORA
INTERFERENCIA PRODUCIDA EN LAS ESTACIONES BASES
DE TELEFONÍA CELULAR BAJO LA TECNOLOGÍA UMTS EN
LOS SECTORES LOS PALOS GRANDES Y ALTAMIRA.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR:

Manuel Alejandro Cadenas Reyes

Luis Miguel Sciacca Urruchurtu

TUTOR:

Ing. José J. Barrios

FECHA:

Caracas, Octubre de 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Facultad de Ingeniería



**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE PERMITA
LA MEDICIÓN DE LA RELACIÓN PORTADORA
INTERFERENCIA PRODUCIDA EN LAS ESTACIONES BASES
DE TELEFONÍA CELULAR BAJO LA TECNOLOGÍA UMTS EN
LOS SECTORES LOS PALOS GRANDES Y ALTAMIRA**

REALIZADO POR:

Manuel Alejandro Cadenas Reyes

Luis Miguel Sciacca Urruchurtu

TUTOR:

Ing. José J. Barrios

FECHA:

Caracas, Octubre de 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Facultad de Ingeniería



**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE PERMITA
LA MEDICIÓN DE LA RELACIÓN PORTADORA
INTERFERENCIA PRODUCIDA EN LAS ESTACIONES BASES
DE TELEFONÍA CELULAR BAJO LA TECNOLOGÍA UMTS EN
LOS SECTORES LOS PALOS GRANDES Y ALTAMIRA**

Este Jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: _____

JURADO EXAMINADOR

Firma: _____ Firma: _____ Firma: _____
Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____

REALIZADO POR:

Manuel Alejandro Cadenas Reyes

Luis Miguel Sciacca Urruchurtu

TUTOR:

Ing. José J. Barrios

FECHA:

Caracas, Octubre de 2012

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE PERMITA LA
MEDICIÓN DE LA RELACIÓN PORTADORA INTERFERENCIA
PRODUCIDA EN LAS ESTACIONES BASES DE TELEFONÍA CELULAR
BAJO LA TECNOLOGÍA UMTS EN LOS SECTORES LOS PALOS
GRANDES Y ALTAMIRA**

**Cadenas Reyes, Manuel Alejandro
Sciacca Urruchurtu, Luis Miguel
manuelcadenas107@gmail.com
sciacca42@gmail.com**

Resumen

Las redes de tercera generación UMTS juegan un papel importante en las tecnologías de comunicaciones móviles, es por ello que su planificación debe ser cuidadosa y precisa siendo uno de los factores relevantes la relación portadora interferencia, ya que con un valor adecuado de la misma, se podrá en conjunto a otros factores ofrecer una mayor cobertura y una mejor calidad de servicio a los usuarios.

Debido a la importancia que tiene la relación portadora interferencia en las redes UMTS, se desarrolló una aplicación que permite el cálculo de la misma entre las estaciones bases. Con el desarrollo de esta aplicación se buscó integrar conceptos fundamentales de la relación portadora interferencia con la plataforma Android, presentando así los valores obtenidos en las zonas de estudio, y adicionalmente poniendo a disposición de los interesados en el tema, una herramienta con interfaz amigable y de fácil uso.

Palabras Clave: Relación Portadora Interferencia, UMTS, Android, Estación base.

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Índice General

Índice General	iii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tablas	xv
Introducción	xvii
Capítulo I	1
Planteamiento del Proyecto	1
I.1 Planteamiento del problema.	1
I.2 Objetivos.....	3
I.2.1 Objetivo general	3
I.2.2 Objetivos específicos.....	3
I.3 Limitaciones y alcance	4
I.3.1 Alcances:.....	4
I.3.2 Limitaciones:	4
I.4 Justificación	5
Capítulo II	7
Marco Teórico.	7
II.1. Antecedentes	8
II.1.1 Movilcom 2003.....	8
II.1.2. Trabajos de Investigación Relevantes	8
II.1.3. Aplicaciones Existentes	9
II.2. UMTS.....	11

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

II. 2.1. Arquitectura UMTS.....	13
II.2.2. Red de acceso.....	22
II. 2.3. Clasificación de Canales Lógicos y Canales de transporte.....	24
II.2.5 Uplink.....	33
II.2.6. Calidad UMTS.....	34
II. 2.7 Cell Breathing	38
II. 3. Red de celdas celulares.....	38
II.3.1. Agrupaciones en las redes de celdas.....	38
II. 3.2. Parámetros relevantes de la geometría de las celdas	40
II. 3.3 Tipos de celdas.....	43
II.4. Interferencia	44
II.4.1 Relación Portadora Interferencia(C/I).....	46
II.4.2 Relación energía por bit- densidad espectral de potencia de ruido (Eb/N0)	46
II.4.3 Ganancia de procesamiento (Gp)	46
II.4.4 Modelo de cálculo de C/I en <i>Downlink</i>	48
II. 4.4 Modelo de cálculo C/I en <i>Uplink</i>	51
II. 4.5 Interferencia Inter-simbólica (ISI).....	52
II.5. Espectro Ensanchado.....	53
II. 6. Hard-Handover y Soft-Handover	55
II.7 Android.....	57
II.7.1 Fundamentos de aplicaciones en el sistema operativo Android	61
II.7.2 Android SDK Manager	66
II.7.3 Google Maps.	67
Capítulo III.....	68
Marco Metodológico.....	68
III.1 Fase 1: Investigación documental	69
III.2 Fase 2: Identificación y recolección de información de las estaciones base. .	69

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

III.3 Fase 3: Cálculo teórico de relación portadora interferencia (UMTS).....	70
III.4 Fase 4: Simulaciones.....	70
III.5 Fase 5: Diseño y desarrollo de la aplicación.....	71
III.6 Fase 6: Pruebas de la Aplicación	71
III.7 Fase 7: Redacción y elaboración del tomo.....	71
Capítulo IV	72
Desarrollo.....	72
IV.1 Investigación Documental.	72
IV.1.1 Selección de herramientas para el desarrollo.....	73
IV.2 Identificación y recolección de información de las estaciones bases.	76
Centro Plaza	76
Los Palos Grandes.....	76
Los Palos Grandes II	76
Los Palos Grandes Norte.....	76
Altamira	77
Altamira II.....	77
Los Palos Grandes.....	77
Los Palos Grandes II	77
Altamira	78
IV.3 Cálculo de relación C/I teórica (UMTS).	79
IV.3.1 Cálculo de relación C/I teórica <i>Uplink</i>	79
IV.3.2 Cálculo de relación C/I teórica <i>Downlink</i>	81
IV. Simulaciones.....	83
IV.4.1 Simulación Uplink.....	85
IV.4.2 Simulación Downlink	88
IV.5 Diseño y Desarrollo de la aplicación	90
IV.5.1 Interfaz gráfica.....	91

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

IV.5.2 Desarrollo <i>Uplink</i>	101
IV.5.2 Desarrollo <i>Downlink</i>	106
IV.5.3 Desarrollo del Simulador <i>Uplink</i>	108
Capítulo V	110
Resultados	110
Capítulo VI	120
Conclusiones y Recomendaciones	120
Bibliografía	123
Apéndices	A
Apéndice A: Glosario de Acrónimos.....	A
Apéndice B: Hoja Técnica Aplicación.....	E
Apéndice C: Presupuesto de Potencia UMTS UL servicio Voz.....	F

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa del Marco Teórico.	7
Figura 2 Arquitectura UMTS.	14
Figura 3. Estructura Estación Base.	17
Figura 4 Arquitectura UTRAN.	22
Figura 5. Trama de enlace descendente.	29
Figura 6. Esquema canal DPDCH	31
Figura 7. Códigos OVSF.	32
Figura 8. Trama Uplink.	33
Figura 9. Agrupaciones de celdas.	39
Figura 10. Geometría Celular.	41
Figura 11. Cobertura Celdas en UMTS.	44
Figura 12. Interferencia Constructiva.	45
Figura 13. Interferencia Destructiva.	45
Figura 14 Comunicación entre celdas.	48
Figura 15. Distancia entre celdas.	50
Figura 16 .Interferencia Inter-Simbólica.	53
Figura 17. Arquitectura del sistema Android.	59
Figura 18. Conversión del archivo .java a .dex.	60
Figura 19. Esquema Marco Metodológico.	68
Figura 20. Distribución versiones de Android.	73
Figura 21. Vista Satelital de las Estaciones Bases.	78
Figura 22. Vista Satelital de conexión con estaciones bases.	82
Figura 23. .Red UMTS simulada <i>Uplink</i>	85
Figura 24. Red UMTS simulada <i>Downlink</i>	88
Figura 25. .Punto de medición.	89

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

Figura 26. .Introducción Aplicación.	92
Figura 27. Menú Principal Aplicación.....	93
Figura 28. Interfaz nodos B.	94
Figura 29. Ballons en <i>MapView</i>	95
Figura 30 Menú Nodos B.....	96
Figura 31. Vista Satelital.....	97
Figura 32 Distancias Estaciones Bases.	97
Figura 33 Interfaz Simulación.	98
Figura 34 Menú Simulación.....	99
Figura 35 . Interfaz Configuración.....	100
Figura 36. Interfaz Acerca de.....	101
Figura 37 Tabla Número de usuarios por Estación Base.	104
Figura 38 Tabla Número de usuarios por Estación Base II.	105
Figura 39 C/I por estación Base.....	117
Figura 40. Eb/No <i>Downlink</i>	118
Figura 41 Eb/No <i>Uplink</i>	118

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

Índice de Tablas

Tabla 1 Servicios Ofrecidos por UMTS.	36
Tabla 2. Valores Mínimos de Eb/No.	37
Tabla 3. Clasificación de Celdas.....	43
Tabla 4 Valores comunes ganancia de procesamiento.....	47
Tabla 5. Interferencia en el <i>Downlink</i> entre celdas.....	50
Tabla 6. Parámetros Interferencia <i>Uplink</i> entre celdas.	51
Tabla 7. Distribución versiones de Android.	74
Tabla 8. Ubicación Radio Bases.	77
Tabla 9. Ubicación Radio Bases final.....	78
Tabla 10. Calculo Teórico C/I y Eb/N0.....	81
Tabla 11. Distancias a las estaciones bases desde el usuario.....	81
Tabla 12. Resultados simulación <i>Uplink</i>	86
Tabla 13. Comparación entre datos teóricos y datos simulados <i>Uplink</i>	87
Tabla 14. Objetivos por clase.....	91
Tabla 15. Resultados Los Palos Grandes II.....	111
Tabla 16. Resultados Los Palos Grandes I.....	112
Tabla 17. Resultados Centro Plaza II.....	113
Tabla 18. Resultados Altamira Norte.....	113
Tabla 19. Resultados Los Palos Grandes Norte.....	114
Tabla 20.Resultados Altamira I.	115
Tabla 21.Resultados Altamira II.....	116

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

Introducción

En los últimos años, las redes móviles celulares UMTS han sido objeto de intensos esfuerzos de investigación y desarrollo en toda Venezuela, contando con el apoyo de numerosos e importantes fabricantes y operadores de telecomunicaciones ya que representan una oportunidad única para la sociedad de crear un mercado masivo, para el acceso de la información de servicios móviles altamente personalizados y de fácil uso. UMTS busca extender las actuales tecnologías móviles, proporcionando mayor capacidad, posibilidades de transmisión de datos y una gama de servicios mucho más extensa. Esto se ve condicionado por la relación C/I de la señal recibida, lo que afecta directamente el buen funcionamiento del sistema. Este efecto es mucho más pronunciado que en otros sistemas, ya que la relación C/I está directamente asociada con el grado de cobertura de un nodo B.

Actualmente se encuentra en auge la utilización de dispositivos móviles bajo la plataforma Android, que ofrecen gran cantidad de funcionalidades lo que permite ampliar la gama de aplicaciones. Por ello con este trabajo de grado se quiere desarrollar una aplicación que permita medir la relación C/I en el sistema UMTS en un lugar específico de estudio, pudiendo el usuario visualizar estos valores y además consiguiendo ser de utilidad para las operadoras de telecomunicaciones, ya que podrían en base a los valores, arrojados por la aplicación, mejorar la relación C/I lo que implicaría directamente una mejora en la tasa de error (BER), y esto haría que la calidad del servicio aumentara, traducándose en una mejor experiencia para el usuario al momento de utilizar su dispositivo móvil, haciendo uso del sistema UMTS.

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

Se plantearon siete (7) objetivos específicos en función de alcanzar el objetivo principal: “Desarrollar una aplicación que permita medir la relación portadora interferencia (C/I) en los enlaces *Uplink* y *Downlink* entre el usuario y las estaciones bases ubicadas en los sectores de los Palos Grandes y Altamira de Caracas, Venezuela”, los cuales fueron estructurados en siete (7) fases que permitieron llevar a cabo el proyecto de manera secuencial y lógica.

Para la elaboración de este proyecto de grado se realizó un trabajo de investigación conformado por los seis capítulos detallados de la siguiente manera:

Capítulo I: Planteamiento del Proyecto. En este apartado, se encuentra en primer lugar, la fundamentación del problema, que a la vez originó el proyecto de investigación; los objetivos, tanto el general como los específicos establecidos, que en su conjunto permiten la ejecución, los alcances y las posibles limitantes que tenga el proyecto y su respectiva justificación.

Capítulo II: Marco Teórico. En este capítulo se investigan las bases teóricas que respaldan el proyecto, así como los antecedentes relacionados con el mismo, en especial las aplicaciones móviles y los trabajos de grado.

Capítulo III: Marco Metodológico. Se explica la metodología utilizada para llevar a cabo el proyecto, así como las fases del proyecto.

Capítulo IV: Desarrollo. Se explica de manera detallada cada una de las fases llevadas a cabo para cumplir cada uno de los objetivos, apoyados en gráficas, tablas y figuras que facilitan la comprensión del desarrollo.

Capítulo V: Resultados. Contempla los resultados obtenidos a lo largo del proyecto con las pruebas realizadas que certifican la validez de los objetivos cumplidos.

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en
los sectores los Palos Grandes y Altamira.**

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones. Muestra las conclusiones a las que se llega al finalizar el proyecto; así mismo se encuentran las recomendaciones que se sugieren.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Capítulo I

Planteamiento del Proyecto

I.1 Planteamiento del problema.

La telefonía celular en los últimos años ha sufrido un incremento masivo de usuarios en Caracas, debido a la necesidad que tienen las personas de poder movilizarse y al mismo tiempo mantenerse comunicadas; hoy en día estos dos elementos son prioritarios en la mayoría de los abonados a la telefonía celular.

Básicamente el modelo en el cual se basan los sistemas celulares, consiste en subdividir las zonas de cobertura, alrededor de un territorio en celdas; estas a su vez se subdividen en macroceldas, microceldas, picoceldas y femtoceldas y dependiendo de la zona específica de cobertura se debería utilizar la más adecuada.

Para las operadoras de telefonía móvil es de gran importancia ofrecer un buen servicio en todo el territorio que cubren, así como ir evolucionando al paso de los requerimientos de los usuarios, de manera de cubrir todas sus necesidades y manejar el tráfico de datos que, con el pasar de los años crece de manera exponencial. Es por ello que es importante estudiar los fenómenos de interferencia que afecten las comunicaciones y buscar soluciones que permitan optimizarlas.

Las Interferencias que afectan las comunicaciones son prácticamente inevitables, sin embargo estas se pueden atenuar o disminuir a los mínimos términos, buscando así un mejor servicio, una mejor cobertura y además evitar la desconexión de datos, ya que esto

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

representa una molestia para el usuario y perjudica algunas zonas específicas del país, que no tienen la cobertura adecuada debido al alto nivel de interferencia.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se pensó en construir una herramienta de señalización de la relación portadora interferencia así como la relación señal a ruido, en áreas específicas, dirigida en primer lugar a los usuarios del sistema de telefonía celular y al mismo tiempo que sirviese de soporte a las compañías que ofrecen los servicios de telefonía, para motivarlas a la búsqueda de una solución práctica a las interferencias, sin que se requiera una inversión de grandes proporciones.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

I.2 Objetivos

Los objetivos del presente Trabajo Especial de Grado, se describen a continuación y se desglosan en un (1) objetivo general y siete (7) objetivos específicos.

I.2.1 Objetivo general

Desarrollar una aplicación que permita medir la relación portadora interferencia (C/I) en los enlaces *Uplink* y *Downlink* entre el usuario y las estaciones bases ubicadas en los sectores de los Palos Grandes y Altamira, Caracas-Venezuela.

1.2.2 Objetivos específicos

- Ubicar geográficamente las estaciones base en los sectores de Los Palos Grandes y Altamira que soporten UMTS.
- Calcular teóricamente la relación portadora interferencia para casos puntuales de estudio.
- Mediante el uso de un simulador, verificar los cálculos teóricos.
- Recolectar la información necesaria para el desarrollo del algoritmo que permita la realización de los cálculos prácticos de la aplicación.
- Diseñar un mapa cartográfico basado en *Google Maps* en el cual se indique mediante coordenadas las estaciones bases a utilizar.
- Desarrollar una aplicación empleando un sistema operativo amigable que permita la medición de la relación portadora interferencia y relación señal a ruido.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación en el ambiente de trabajo.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

I.3 Limitaciones y alcance

I.3.1 Alcances:

Diseñar e implementar una aplicación de interfaz amigable que le permita al usuario a través de un dispositivo móvil observar los valores de la relación portadora interferencia que se producen entre las estaciones base en los sectores de Los Palos Grandes y Altamira, Caracas-Venezuela.

I.3.2 Limitaciones:

- La aplicación solo calcula la relación portadora interferencia en los sectores de Los Palos Grandes y Altamira.
- Dicha aplicación es compatible solo con equipos móviles con sistema operativo Android.
- Los dispositivos móviles deben cumplir los requerimientos mínimos de hardware para poder hacer uso adecuado de la aplicación.
- La precisión de los datos arrojados por la aplicación, pueden ser afectados por problemas de red celular según el punto donde esté ubicado el terminal o problemas de hardware presentados en el equipo móvil.
- Los valores de la relación portadora interferencia arrojados por la aplicación son un aproximado al valor real.
- Los valores de relación portadora interferencia en el enlace de subida son obtenidos mediante simulación.
- Solo se realizará el proyecto con las empresas que faciliten la información de las estaciones base.
- Solo se calculará C/I entre estaciones bases, no intracelda.

I.4 Justificación

La continua evolución en el mercado de la telefonía móvil ha mantenido a las distintas operadoras en constante renovación de tecnologías de comunicación, llevándonos hoy en día a la tercera generación en Venezuela de equipos móviles que funcionan bajo la tecnología UMTS.

UMTS es una de las tecnologías más utilizadas por los móviles que se encuentran en el mercado actualmente, y la misma cuenta con distintas limitaciones al momento de su implementación, siendo una de las principales la interferencia.

Actualmente los usuarios que solicitan a las operadoras un servicio, ya sea de voz o datos, requieren un comportamiento óptimo del mismo, ésto se debe a la necesidad continua de estar comunicados por los distintos medios existentes. Estas crecientes exigencias de los usuarios obligan a las operadoras a optimizar sus redes de tercera generación e invertir en la actualización de las mismas, ya que si bien su funcionamiento pudiese estar en calidad considerada óptima a nivel nacional, sigue siendo regular en líneas genéricas a nivel mundial.

En el momento que no se realicen inversiones y no se efectúe el debido mantenimiento en una red de telefonía, la misma se ve consumida por los diversos problemas que puedan presentarse, como por ejemplo, los altos niveles de interferencia al ofrecerle los servicios a una cantidad de clientes mayor de la cual fue diseñada la red, así como problemas de ubicación de las estaciones bases que al pasar de los años, pudiesen ser inadecuadas por diversos factores como la construcción de nuevas edificaciones.

Con el procesamiento de datos realizados por la aplicación móvil desarrollada, se pudo realizar un estudio investigativo sobre los niveles de la relación portadora interferencia así como la relación señal a ruido en las zonas de los Palos Grandes y

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Altamira, en las cuales se cuenta con una gran concurrencia de usuarios y las mismas representan un reto de dimensionamiento de red para las compañías de telefonía celular, adicionalmente la realización del proyecto fue motivada por la carencia absoluta de aplicaciones móviles de este tipo en el mercado de software libre.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Capítulo II

Marco Teórico.

Para la realización de este trabajo, es de importancia tener presente varios conceptos que ayudarán a la mejor comprensión de lo que se está buscando solucionar y a tal efecto hay que mencionar que, básicamente, existen dos conceptos principales: la interferencia y la definición de red de celdas celulares UMTS; adicionalmente, existen otros elementos secundarios necesarios. A continuación se presenta un esquema que ayudará a entender el proceso de desarrollo de una aplicación que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular, bajo la tecnología UMTS.

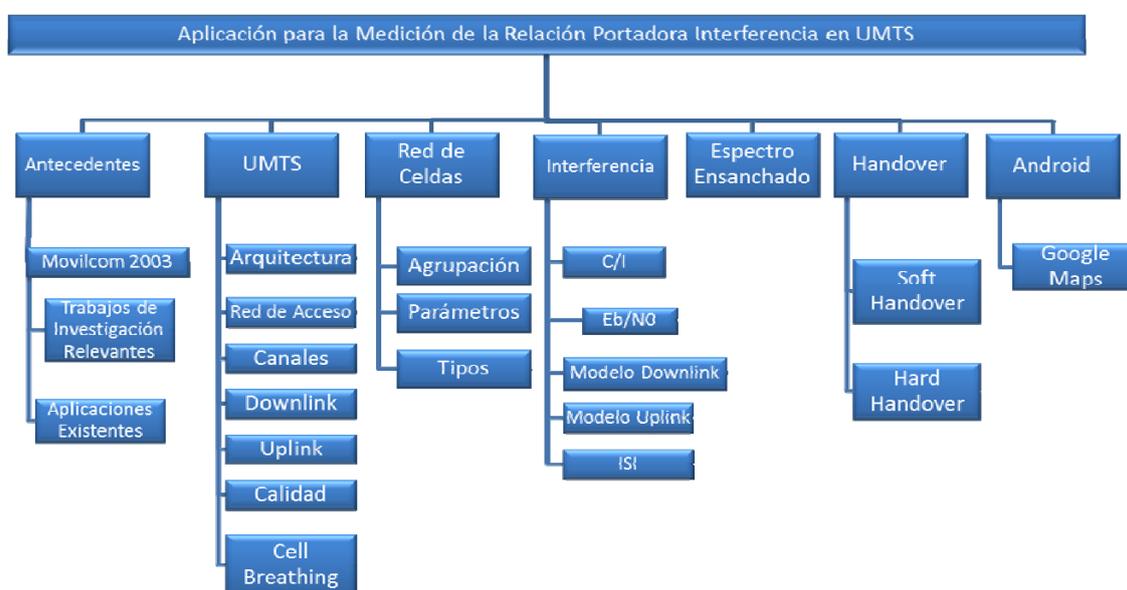


Figura 1. Mapa del Marco Teórico.
Fuente: Autoría Propia.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

II.1. Antecedentes

Para la realización de este proyecto se han tomado en consideración los siguientes trabajos de investigación y las aplicaciones existentes entre otros.

II.1.1 Movilcom 2003

El proyecto Movilcom 2003 nació en la Universidad Politécnica de Madrid en el Departamento de Señales Sistemas y Radiocomunicaciones de la ETS de ingenieros de Telecomunicación, realizado por Antonio Ignacio Colmenar y José María Hernando Rábanos. Movilcom 2003 es una herramienta informática con objetivos didácticos. Se basa en aspectos generales de las radiocomunicaciones. Los temas tratados se centran en comunicaciones móviles. La aplicación cuenta con herramientas que permiten el análisis y dimensionamiento de sistemas UMTS Y GPRS; adicionalmente permite calcular la interferencia presente en los enlaces (*Uplink* y *Downlink*) y la determinación de la capacidad de tráfico desde el punto de vista del número de canales disponibles en cada caso, así como la relación portadora interferencia. La herramienta Movilcom 2003 representa un recurso determinante para la realización de este proyecto ya que permite simular las redes UMTS obteniendo valores que permiten compararlos con los de la aplicación desarrollada.

(MOVILCOM 2003, <http://www.grc.ssr.upm.es/programas/Movilcom/Movilcom.htm>)

II.1.2. Trabajos de Investigación Relevantes

El más reciente tomado en cuenta fue el realizado por Máximo Morales Céspedes en Octubre de 2010, titulado “Gestión de Interferencias en Sistemas Femtocelda” y tenía como

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia
producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos
Grandes y Altamira.**

objetivo principal el resumir de forma concisa el origen y futuro de las femtoceldas, así como la problemática que surge de su utilización. Cabe señalar que a pesar que la gestión de interferencias fue la parte central del proyecto, no se trabajó directamente con macroceldas, sin embargo se utilizó técnicas de gestión de interferencias, que fueron de gran utilidad en nuestro proyecto.

El segundo trabajo de grado tomado en consideración, fue realizado por Luis A. Ugalde V. en el año 2001, titulado “Diseño y Planificación de una Microcelda en el centro comercial Mall del Sol”, el cual tenía como objetivo principal implementar una microcelda en un centro comercial, así como estudiar la interferencia que se podría producir entre las otras celdas adyacentes al sitio.

El siguiente trabajo incluido en la investigación fue realizado por Jesús López García; se titula “Simulación de tramas de comunicación para UMTS” y tenía como objetivo principal crear una simulación de las tramas de comunicación para UMTS. Esta tesis ayudó de gran manera en muchos aspectos relacionados a la parte teórica del sistema UMTS, por lo que representó un gran aporte.

El cuarto trabajo tiene como título “Esquema eficiente de administración de la calidad de servicio para el sistema de telecomunicaciones móviles universales” realizado por Efraín Zaleta Alejandro, que si bien no va ligado directamente con nuestro tema toca puntos teóricos importantes sobre UMTS que sirven de apoyo a la investigación.

II.1.3. Aplicaciones Existentes

Actualmente en el abanico de aplicaciones móviles existentes, podemos contemplar varias que tratan puntos importantes en UMTS; sin embargo, ninguna realiza cálculos de la

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

relación portadora interferencia, por lo que el presente proyecto representa un avance en el área móvil. A continuación las aplicaciones móviles existentes en el mercado Android.

2G, 3G, 4G Network Monitor (I)

Aplicación desarrollada por Michal S. para la plataforma Android; la misma cuenta con diversas características pero básicamente se centra en el monitoreo de la red, mostrando un contador de tráfico de datos móviles y *Wi-Fi* así como la notificación cuando se pierde la señal del móvil.

(Michal S,

https://play.google.com/store/apps/details?id=msd.n2g.n3g&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEsIm1zZC5uMmcubjNnIl0.)

G-MoN

Aplicación desarrollada por C. Knuetter orientada al *drive Testing* en 2G, 3G y 4G que permite observar todas las características más importantes de las celdas alrededor del móvil, como lo son la distancia, CID, LAC.

(C.Knuetter,

https://play.google.com/store/apps/details?id=de.carknue.gmon2&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEsImRlImNhcmtudWUuZ21vbjliXQ..)

UMTS status

Aplicación desarrollada por estudiantes de la INSA en Toulouse, Francia. Muestra el radio de cobertura de la celda UMTS. Adicionalmente se pueden observar las 6 radio

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

bases más cercanas al equipo móvil. Por otra parte se puede observar el *handover*, todo esto en una interfaz gráfica de *Google maps*.

(INSA,

Open Signals Maps

Sin duda alguna es la aplicación más completa que se encuentra en el mercado en este momento sobre el tema de UMTS, desarrollada por *Staircase 3, Inc.* Dicha aplicación cuenta con varias características útiles como lo son, la dirección de la señal recibida, el grafico de la señal, vistas de mapa y radar de las radio bases y routers de la zona, datos de intensidad de señal detallados, historial de las lecturas de la señal realizadas entre otras funcionalidades, que permiten obtener daros de relevancia en el ámbito de UMTS.

(Staircase3,

II.2. UMTS

3GPP es un acuerdo de colaboración establecido en diciembre de 1998, que agrupa a una serie de organismos de estandarización de telecomunicaciones con el objetivo de producir las especificaciones técnicas, globalmente aplicables, para un sistema móvil de tercera generación, basado inicialmente en una evolución de la red troncal GSM y las tecnologías de acceso rápido conocidas como UTRA-FDD y UTRA-TDD. Posteriormente

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

el ámbito del 3GPP se amplió para incorporar el mantenimiento y desarrollo de las especificaciones técnicas de GSM y sus evoluciones GPRS y EDGE. (González J. L., 2003)

La movilidad está asociada a una amplia oferta de servicios de voz y datos que representan una serie de beneficios para los usuarios; sin embargo, éstos también presentan algunos problemas ya que se exige una tecnología mucho más avanzada, interconexión entre todas las redes por las que el usuario se moviliza y unos sistemas de señalización muy potentes que deben ser implementados para garantizar el establecimiento de una comunicación confiable, su seguridad y permitir un importante flujo de datos al utilizarse aplicaciones multimedia que demandan una gran cantidad de ancho de banda.(Huidobro, 2006)

Debido a estos requerimientos que se estaban presentando con las nuevas tecnologías, se decidió crear y desarrollar UMTS, que da origen al nacimiento de la tercera generación de sistemas móviles capaz de soportar los servicios móviles básicos como lo son voz, mensajes cortos y datos a baja velocidad, junto con los nuevos servicios multimedia y de alta velocidad.

UMTS se ha diseñado básicamente en Europa, como miembro global IMT-2000 de la UIT¹ que contempla la validez para todas las regiones del mundo y sistemas tanto terrestres como por satélite, para que todos los usuarios puedan moverse por otras áreas cubiertas por otros miembros de la IMT-2000. La estandarización de UMTS se lleva a cabo por el 3GPP mencionado anteriormente y el ETSI en estrecha colaboración con otros organismos como la TTA en Estados Unidos y la ARIB en Japón, que también trabajan para definir los estándares de IMT-2000 de la UIT. (Huidobro, 2006)

¹UIT, el organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Los requisitos para este sistema son los siguientes:

- Tasas de transmisión de 2048 kbps para interiores o ambientes de poco movimiento. Tasas de transmisión de 384 kbps en ambientes urbanos y a velocidades máximas de 120 km/h. Incluso en áreas rurales se debe poder dar una tasa de 144 kbps a vehículos a altas velocidades.
- Movilidad Global.
- Terminales Multimodo.
- Debe poder conectarse con otras redes, y el usuario debe poder distinguir qué red lo está sirviendo.
- Es requerida una mayor eficiencia espectral.

El soporte de aplicaciones de voz, datos, video y, en general, servicios multimedia, con requisitos muy variados en lo que respecta al ancho de banda necesario y la tolerancia a factores como el retardo o las pérdidas, lleva a la necesidad de dotar a UMTS de mecanismos de QoS. (MacDonald F. J., 2006)

II. 2.1. Arquitectura UMTS

El sistema UMTS se compone de dos grandes bloques, el bloque UTRAN que engloba todas las funcionalidades relativas a los aspectos radio del sistema, y el bloque CN encargado de las funcionalidades de red fija. El bloque UTRAN corresponde a una nueva tecnología de acceso radio completamente diferente a la de su antecesor, el sistema GSM. Por el contrario, el bloque CN se plantea como una adaptación del bloque de red fija del sistema GSM, con intención de reaprovechar los elementos de red y sus funcionalidades en la medida de lo posible. (Gorricho, 2002)

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

UMTS presenta una arquitectura en la cual se describen tres elementos principalmente:

- UE
- UTRAN
- CORE NETWORK

En la *figura 2* se presenta la arquitecta general del sistema UMTS.

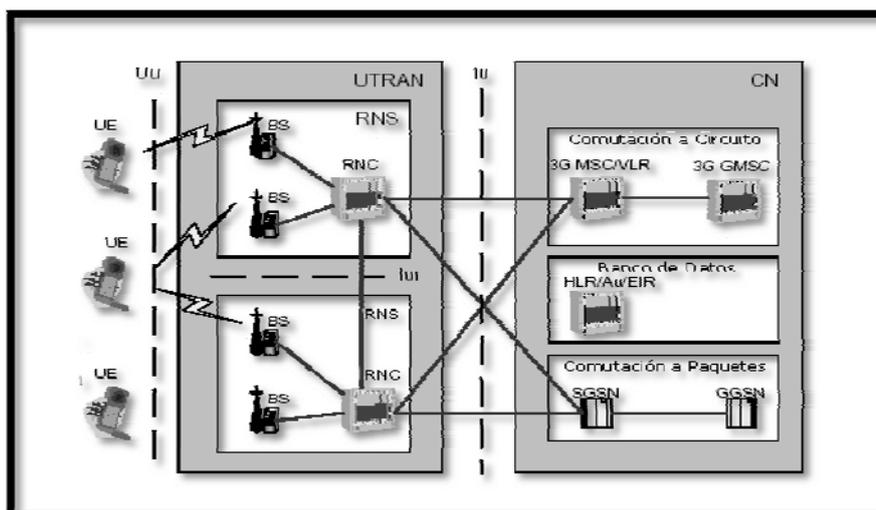


Figura 2. Arquitectura UMTS.

Fuente: http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialumts/pagina_2.asp

Equipo de usuario

El equipo de 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 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 acceder a la red UTRAN mediante la tecnología de WCDMA para lograr la comunicación con otro móvil.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Una de las propuestas que se consideró, para no perder la inversión en la infraestructura de GSM, fue el crear equipos con sistemas duales, es decir, que puedan acceder a ambas redes, esto mientras se consolida el cambio a 3G, 3.5G y en un futuro al 4G en Venezuela.(Gorricho, 2002)

Interfaz Uu.

Es el interfaz que une los dos dominios principales: el de usuario y el de infraestructura UTRAN. El interfaz aire Uu utiliza la tecnología WCDMA. Las principales características de WCDMA son las siguientes:

- Puede utilizar los dos tipos de duplexación: FDD y TDD.
- La técnica de acceso utilizada es DS-SS-SS de banda ancha.
- La velocidad de chip es constante e igual a 3.84 Mcps.
- La velocidad de datos es variable de 7.5 Kbps a 1920 Kbps por canal.
- El ancho de banda de la portadora es de 5 MHz, se puede aumentar la capacidad del sistema incrementando el número de portadoras.
- La duración de las tramas es constante e igual a 10 ms y se dividen en 15 ranuras de 666.6 us cada una.
- Las estaciones bases no necesitan sincronismo.
- Utiliza propagación por múltiples trayectos, para ello emplea receptores RAKE.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- Emplea detección coherente mediante el uso de símbolos pilotos o un piloto común.

Estación Base (BS, Nodo B)

Este se conecta al usuario por medio de la interfaz aérea Uu (W-CDMA), y su principal función es la de convertir en ambos sentidos de esta interfaz. El proceso interno de este elemento incluye la transferencia de información de los canales de transporte en la interfaz Iub a los canales físicos de la interfaz Uu. Además incluye la corrección de errores, la modulación por medio de QPSK, el *spreading* y *unspreading* de W-CDMA, así como el ajuste de la tasa de transmisión. Mide la calidad y fuerza de la señal y manda ésta información al RNC para el proceso de *handover* y la combinación de macro diversidad. Tiene funciones para estimación de tráfico en la celda y control de acceso de ser requerido por el RNC.

El Nodo B también participa con el control de potencia, al hacer que la unidad móvil ajuste su potencia por las indicaciones que llegan desde el enlace de bajada, a causa de las medidas enviadas por el enlace de subida de control de potencia de transmisión. Otras funciones del Nodo B es la sincronización de tiempo y de frecuencia así como reportar las mediciones de la interferencia en el enlace de subida y la información de la potencia en el enlace de bajada.

La principal tarea del Nodo B es el intercambio de información en la interfaz Uu. Midiendo calidad e intensidad de la señal, determina e informa además el FER al RNC como reportes de HO y macro diversidad.(Gorricho, 2002)

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Estructura de la estación base

La estación Base puede considerarse como el borde de la radio UTRAN y, por tanto, su tarea es llevar a cabo la recepción de la señal de radio y transmisión (Tx y Rx), filtrado de la señal y la amplificación, la modulación y demodulación de señal, y la interfaz de la RA.

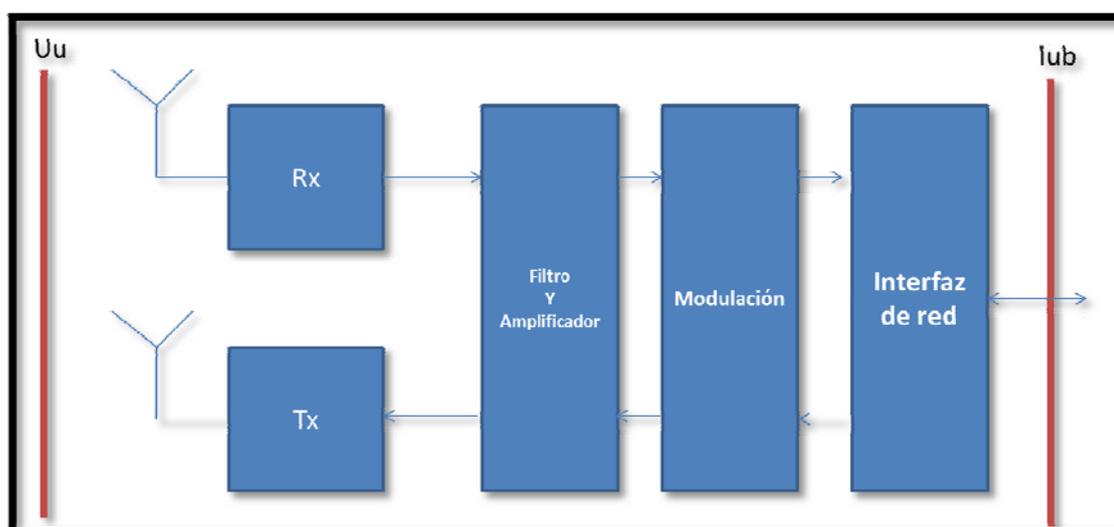


Figura 3. Estructura Estación Base.
Fuente: Autoría Propia.

Interfaz Iu.

Esta interfaz conecta la red central y el UTRAN, esta es considerada como un punto de referencia. UTRAN puede tener varios tipos de implementaciones físicas. La primera en ser implementada es UTRAN. La segunda que puede ser implementada es BRAN.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Dentro de Iu, se encuentra Iu-CS e Iu-PS. Iu-CS es la instancia física de Iu hacia el dominio de servicio de conmutación de circuitos de CN. Iu-PS es la instancia física de Iu hacia el dominio de servicio de conmutación de paquetes del CN.(Gorricho, 2002)

RNC

El Controlador de la Red de Radio UMTS cuenta con un administrador de recurso autónomo para descentralizar el tráfico. La mayor función de un RNC es la conexión de un portador de radio con su relación Iu. Para mantener la conexión entre el CN y la unidad móvil aun cuando ésta se encuentra en movimiento, el RNC necesita una red de conmutación para las señales de banda ancha. Adicionalmente en el RNC se encuentra el administrador de recurso de radio y el control UTRAN. El administrador de recursos está a cargo de la estabilidad de la conexión y es el responsable de dar el *QoS* requerido. Las mayores funciones del administrador de recursos son las siguientes:

- Control de *handover* para movilidad del usuario.
- Control de potencia para minimizar la interferencia.
- Control de acceso.
- Manejo de códigos *spreading* en el enlace de bajada.

En el caso de control de UTRAN las principales funciones son las siguientes:

- Difusión de información del sistema para notificar acerca de las condiciones individuales de las celdas.
- Control de acceso aleatorio para evitar congestiones.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- Funciones de seguridad de UTRAN.
- Administración de la movilidad en modo conectado.
- Manejo de base de datos para la unidad móvil e información específica de celdas.(Gorricho, 2002)

MSC

El MSC es la pieza central en una red basada en conmutación de circuitos. El mismo 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. Varios BSS pueden ser conectados a un MSC

La función de un MSC incluye las siguientes características:

- Voceo o *Paging*.
- Coordinación de llamadas.
- Función de trabajo con otros tipos de redes.
- Control del *handover*.
- Intercambio de señales entre diferentes interfaces.
- Asignación de frecuencia.

El MSC constituye la interfaz entre el sistema de radio y la red fija. Este ejecuta todas las funciones necesarias para el manejo de servicios de conmutación de circuitos hacia y desde la radio base.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

En disposición para obtener cobertura de radio de un área geográfica dada, un número de BSS o RNS son normalmente requeridos; aquí cada MSC debe tener interfaz a una o más BSS o RNS. Para la cobertura en un país, varios MSC pueden ser requeridos. (Gorricho, 2002)

HLR

El *Home Location Register* contiene los datos permanentes de registro de suscriptor. La información del suscriptor entra en un HLR cuando el usuario hace una suscripción. Hay 2 tipos de información en un HLR, el registro de entrada permanente y temporal.

Los datos permanentes incluyen:

- IMSI, el cual identifica al suscriptor.
- Posibles restricciones de *Roaming*.
- Clave de autenticación.
- Parámetros de servicios suplementarios.

Los datos temporales incluyen:

- LMSI.
- Número de MSC.
- Número de VLR.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

VLR

El VLR contiene información acerca del *roaming* en ésta área del MSC. Un VLR contiene información de todos los suscriptores activos en esta área. El VLR contiene mucha de la misma información que el HLR, la diferencia es que la información en el VLR se encuentra allí temporalmente, mientras que el HLR es un lugar que contiene información permanente. (Gorricho, 2002)

- El VLR contiene toda la información necesaria para manejar las llamadas enviadas o recibidas por el móvil registrado en la base de datos.
- Un VLR contiene la siguiente información del usuario:
 1. IMSI.
 2. MSISDN.
 3. TMSI.
 4. LMSI.
 5. Lugar del área donde la estación móvil ha sido registrada.

AuC

Es el centro de autenticación que se asocia con un HLR. El AuC almacena la clave de autenticación del suscriptor, así como su correspondiente IMSI. Estos son datos permanentes que ingresan en el momento de la suscripción.

Esta clave es utilizada para generar datos de seguridad para cada suscriptor móvil:

- Datos, los cuales son usados para autenticación del IMSI y la red.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- Una clave usada para verificar la integridad de la comunicación sobre la ruta de radio entre el móvil y la red.(Gorricho, 2002)

II.2.2. Red de acceso.

El bloque UTRAN se compone de conjuntos RNS conectados a la *Core Network* mediante la interfaz Iu como se puede observar en la figura 4. Un bloque RNS se compone del nodo RNC elemento controlador de la red radio, que a su vez se interconecta a uno o varios nodos B. El nodo B es el elemento controlador de estaciones bases.

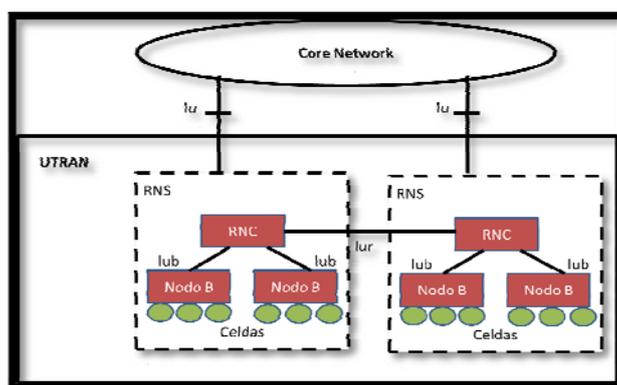


Figura 4. Arquitectura UTRAN.
Fuente: Autoría Propia.

Cada RNS constituye un bloque de acceso radio con autonomía casi completa para la gestión de los aspectos radio de las comunicaciones móviles que tiene a su cargo, es por ello que un bloque RNS ofrece un servicio a un área geográfica de dimensiones considerables. Por otro lado, se define una interfaz de interconexión entre bloques RNS a través del elemento RNC: es el interfaz LUR tal como se muestra en la *figura 4*.

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia
producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos
Grandes y Altamira.**

El nodo RNC gestiona uno o más nodos B, realizando las funciones de control de congestión, control de admisión, y ubicación de códigos para las nuevas comunicaciones de todas las celdas que tiene a su cargo. Las tareas realizadas son similares a las que se dan para el elemento BSC en el sistema GSM, pero de una complejidad superior por naturaleza de los servicios definidos para UMTS. Los protocolos de gestión de recursos radio con origen en el terminal móvil acaban en la mayoría de los casos en el nodo RNC, si no lo hacen en algún nodo intermedio, de forma que la red fija a través de la interfaz lu es desconocedora del funcionamiento del mecanismo de acceso radio. Los protocolos de comunicación definidos sobre la interfaz lu hacen referencias a los aspectos de conmutación, encaminamiento y gestión de servicio, como si se tratase de un sistema de comunicación de red fija.

Esta arquitectura permite gestionar de manera eficiente el mecanismo de *soft handover* para el traspaso de la llamada. En la mayoría de los casos las estaciones bases participan en una comunicación; estaciones bases que constituyen el conjunto activo, pertenecerán al mismo nodo B, de forma que la gestión se realiza desde esta. Si no es el caso la gestión se realiza desde el nodo RNC manteniendo la comunicación a través de dos interfaces lub. (Gorricho, 2002)

Interfaz de radio UMTS

La técnica *wideband direct sequence* CDMA, consiste en la técnica de multiplexado, en código por secuencia directa utilizando unos ancho de banda de transmisión adecuados para alcanzar las tasas de transmisión útil deseada. En definitiva, define una interfaz de acceso a radio con una operativa muy similar al sistema de segunda generación IS-95, pero trabajando con mayor ancho de banda por canal radio.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Características de la interfaz

- Esquema de acceso múltiple DS-CDMA.
- Esquema de duplexado FDD / TDD.
- Velocidad de chip 3.840 Mcps.
- Ancho de banda por canal radio 5 MHz.
- Duración de la trama 10 ms.
- Tasa de transmisión de información variable según el factor de ensanchamiento en espectro.
- Esquema de codificación de canal Codificación convolucional y Turbo Códigos.(Gorricho, 2002)

II. 2.3. Clasificación de Canales Lógicos y Canales de transporte.

El interfaz UTRA define tres tipos de canales: canales lógicos, canales de transporte y canales físicos.

Un canal lógico es la interfaz entre RLC y la capa MAC. Un canal lógico se caracteriza por el tipo de información que lleva. La capa 2 se divide en las siguientes subcapas MAC, RLC, protocolo de convergencia de paquetes de datos y broadcast/multicast de control. La capa 3 se subdivide en planos de control y de usuario.

La interfaz entre la capa MAC y la capa física son los canales de transporte. Los canales de transporte son codificados y se ajustan a la tasa ofrecida por los canales físicos.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Todos los canales de transporte son unidireccionales. Los canales de transporte se dividen en canales comunes y canales dedicados

Los canales físicos se utilizan para transmitir la información por la interfaz aérea y definen las características físicas exactas del canal de radio. Un canal físico corresponde a una frecuencia portadora, a un código, y en el enlace descendente a su fase relativa. Se utiliza un código scrambling para identificar al transmisor. Así el receptor puede discriminar los transmisores que solo le causan interferencia a la señal.

Los canales lógicos se clasifican en canales de control y canales de tráfico como ocurre en otros sistemas, estos son, [3GPP-2]:

Canales de control:

- BCCH
- PCCH
- CCCH
- DCCH

Canales de tráfico:

- DTCH
- CTCH

El BCCH es un canal del enlace descendente punto–multipunto que se usa para transmitir información de divulgación del sistema y específica de la estación base que lo emite.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

El PCCH es un canal del enlace descendente utilizado para enviar información de búsqueda del terminal móvil.

El CCCH es un canal bidireccional utilizado para enviar información de control entre todos los terminales móviles de una celda y la red, dicha información consiste, por ejemplo, en las peticiones de acceso de los terminales o las correspondientes concesiones de acceso.(Gorricho, 2002)

El DCCH es un canal bidireccional utilizado como canal de control. El DCCH tiene una funcionalidad similar a los canales lógicos *Stand-Alone DedicatedControl Channel* y el *Associated Control Channel* del sistema GSM, aunque en este caso no se distingue si la información de control está asociada a un canal de tráfico o no. Además, el DCCH puede servir a más de un canal de tráfico simultáneamente si el terminal móvil tiene establecidos más de uno para un determinado servicio.

El DTCH es un canal unidireccional o bidireccional utilizado para transportar información de usuario.

El CTCH es un canal del enlace descendente para transportar información hacia un grupo de usuarios.

Los canales de transporte son un paso intermedio entre los canales lógicos y los canales físicos. Cada canal de transporte lleva indicación del TFI donde se expresa el formato del canal de transporte, esta información junto con el TFCI sirven para identificar los canales de transporte que se están utilizando en cada momento.

Se define un canal de transporte dedicado y seis canales de transporte comunes, estos son:

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- DCH
- BCH
- FACH
- PCH
- RACH
- CPCH
- DSCH

El DCH es el canal utilizado para transportar información de usuario en modo conmutación de circuitos, siendo el único canal de transporte bidireccional.

El BCH es el canal sobre el enlace descendente que difunde información del sistema y específica de la celda.

El FACH es el canal sobre el enlace descendente utilizado para enviar información de control hacia terminales móviles cuya localización es conocida.

El PCH es el canal sobre el enlace descendente utilizado para enviar solicitudes de localización de los terminales móviles.

El RACH es el canal sobre el enlace ascendente utilizado para enviar solicitudes de acceso e información de usuario de tamaño limitado.

El CPCH es el canal sobre el enlace ascendente utilizado para enviar información de usuario en modo conmutación de paquetes.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

El DSCH es el canal sobre el enlace descendente utilizado para enviar información de usuario o de control, puede ser compartido entre varios usuarios. El DSCH siempre está asociado a un canal DCH.

Estructura de los canales físicos

Los canales físicos definidos en el interfaz UTRA son los siguientes [3GPP-2]:

- P-CCPCH
- S-CCPCH
- PRACH
- DPDCH
- DPCCH
- PDSCH
- PCPCH
- SCH
- CPICH
- AICH
- PICH
- CSICH
- CD/CA-ICH

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

A continuación se detalla la estructura de los diferentes canales físicos comenzando con los canales DPDCH y DPCCH que soportan al canal de transporte DCH utilizado para la transmisión de la información de usuario en la modalidad de conmutación de circuitos.

Canales DPDCH y DPCCH

Existen dos tipos de canales físicos dedicados, el DPDCH y DPCCH. Sobre el DPDCH se transporta la información de la capa 2 y superiores del modelo OSI de los canales lógicos mapeados sobre éste. El DPCCH es un canal de control de la capa física asociado al DPDCH. Un canal de transporte DCH se compone de un único canal físico DPCCH y de uno o varios canales físicos DPDCH, además el canal de transporte DCH es el único bidireccional, siendo la estructura de los canales DPDCH y DPCCH diferente para los enlaces ascendente y descendente. (MacDonald F. J., 2006)

II.2.4 Downlink.

Para el *Downlink* ambos canales DPDCH y DPCCH están multiplexados en el tiempo.

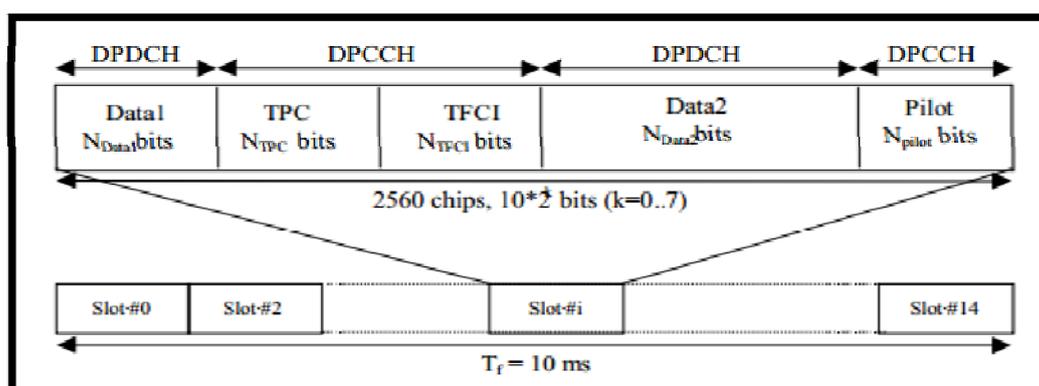


Figura 5. Trama de enlace descendente.

Fuente: Comunicaciones Móviles, Gorriño Mónica y Gorriño Juan, Pag 228.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Cada trama de 10 ms se subdivide en 15 slots, cada uno de 2560 chips de duración, correspondientes al periodo de control de potencia. En cada time slot se multiplexan el DPDCH y el DPCCH.(MacDonald F. J., 2006)

El DPCCH consta de los campos *Pilot*, TPC y TFCI. El campo *Pilot* corresponde a la emisión de la señal piloto, es decir, la emisión de la secuencia de información todo “1” o todo “0”, de esta forma al transmitir una secuencia de bits iguales no se emite información (útil o de control) y a todos los efectos es como transmitir un segmento de la secuencia pseudoaleatoria sin modular. Esto es de gran utilidad para los elementos receptores a la hora de sincronizar la secuencia pseudoaleatoria generada localmente con la proveniente de la señal radio recibida. La señal piloto es de utilidad tanto en la etapa inicial de búsqueda del sincronismo, como durante el transcurso de la comunicación para el seguimiento de la secuencia en sus posibles variaciones temporales consecuencia del movimiento del terminal móvil. El campo TPC es utilizado para comandar incrementos o decrementos en la potencia de emisión del otro sentido de la comunicación. La indicación de variación en la potencia de emisión se hace sobre el TPC en cada slot, de forma que el tiempo mínimo de emisión con igual potencia equivale precisamente a un time slot. El campo TFCI indica el formato de combinación de los canales de transporte.(Gorricho, 2002)

El parámetro k de la *figura 5* determina el número total de bits transmitidos por slot. Este parámetro está relacionado con el factor de *spreading* o ensanchamiento utilizado. El factor *despreading* puede variar entre 4 y 512 según potencias de 2, de forma que los posibles valores de k van de 0 a 7 y las velocidades de transmisión van desde los 15 Kbps hasta los 1,92 Mbps.(MacDonald F. J., 2006)

Si se transmite más de un canal DPDCH para un canal de transporte DCH, los intervalos de tiempo correspondientes a la emisión del canal DPCCH quedan vacíos. Además la emisión del único canal DPCCH se hace con una potencia superior a todos los

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

canales DPDCH, pudiendo incluso emitir con potencia diferente los campos TPC, TFCI y Piloto.(Gorricho, 2002)

La modulación utilizada para los canales físicos DPDCH/DPCCH es QPSK, donde los bits son tomados de dos en dos para ser mapeados sobre los canales en fase y cuadratura. La siguiente figura muestra el esquema de ensanchamiento en espectro y la posterior modulación de la señal portadora según el filtro conformador de pulso utilizado. El filtro conformador de chip es un coseno alzado con un factor de roll-off² de 0.22. Este esquema de canalización (uso de los códigos Cch), aleatorización (uso de los códigos scrambling) y posterior modulación QPSK.

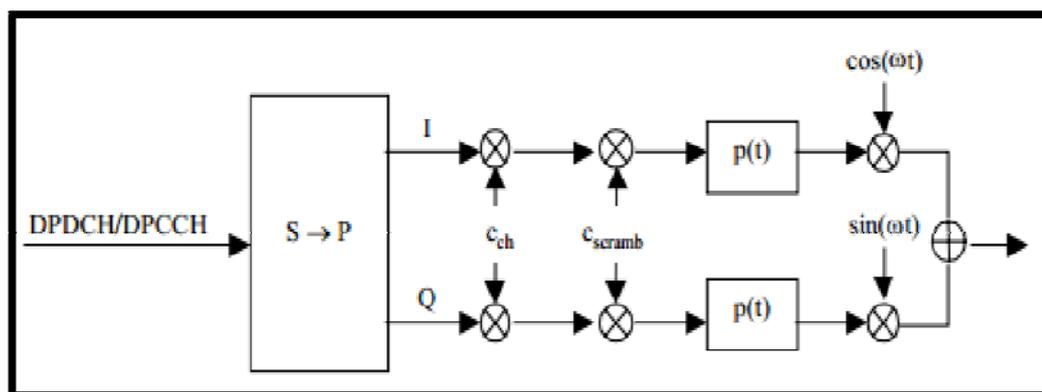


Figura 6. Esquema canal DPDCH
Fuente: Comunicaciones Móviles, Gorricho Mónica y Gorricho Juan, Pag 229.

Los códigos de canal Cch, códigos de canalización, de la figura 6, son códigos OVSF que aseguran la ortogonalidad entre canales que operen con diferentes velocidades de transmisión. Los códigos OVSF se definen como muestra la siguiente figura.

²El factor de roll-off indica el porcentaje de ancho de banda que excede la señal de la familia del coseno alzado respecto ancho de banda que ocupa el pulso rectangular

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Cada nivel de código define el factor de *spreading* que se está utilizando. En cualquier caso, un código puede ser utilizado en una determinada celda si no se está utilizando ningún otro código en el camino que va desde este código hasta la raíz del árbol.(Gorricho, 2002)

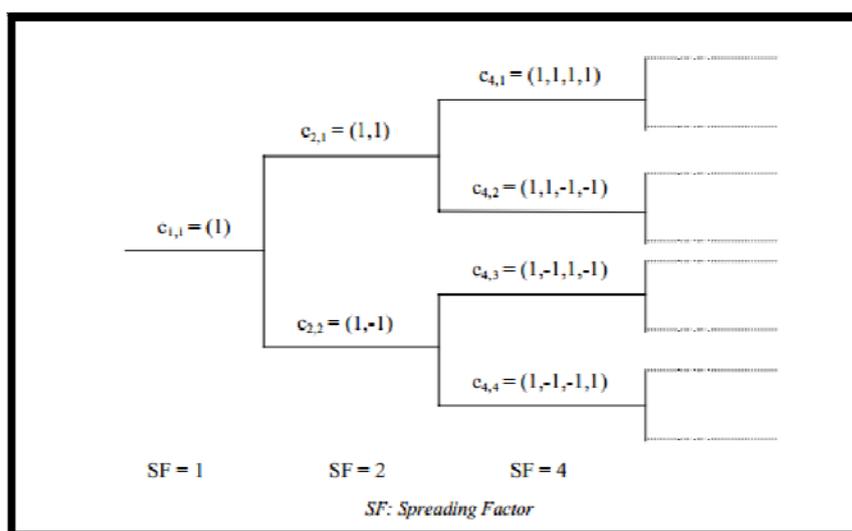


Figura 7. Códigos OVSF
Fuente: Comunicaciones Móviles, Gorricho Mónica y Gorricho Juan, Pag 230.

El código de *scrambling* o de aleatorización es un segmento de 38.400 chips de un código de Gold de longitud $2^{18}-1$, longitud equivalente a la duración de la trama de 10 ms. El número total de códigos de *scrambling* es de $3 \cdot 8.192$, los códigos principales son 8.192 que se agrupan en 512 conjuntos de 16 códigos. De los 16 códigos por conjunto uno es el código principal y el resto son secundarios. La agrupación de códigos en conjuntos se hace para reducir el tiempo de sincronización de la secuencia pseudoaleatoria por parte del terminal móvil. Los 512 conjuntos de códigos se agrupan a su vez en 64 grupos, de 8 conjuntos cada uno. Cuando el terminal móvil detecta la secuencia de códigos secundarios

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

del canal de sincronización S-SCH reconoce la secuencia utilizada entre las 64 posibles, identificando así los 8 conjuntos de códigos de aleatorización del grupo. De modo que sólo resta por sincronizar uno de los 8 códigos primarios de los 8 conjuntos de códigos

II.2.5 Uplink.

Para el enlace ascendente los canales DPDCH y DPCCH están multiplexados en fase y cuadratura aprovechando la modulación QPSK. Si se transmite más de un canal DPDCH, se multiplexa en código sobre los canales en fase o en cuadratura indistintamente.

La estructura de trama es la representada en la *figura 8*; como en el enlace descendente, las tramas de 10 ms se subdividen en 15 slots de 2560 chips de duración. En esta ocasión el parámetro k que determina el número de bits por trama puede ser diferente entre los canales DPDCH y DPCCH. Para el canal DPCCH aparece un campo nuevo respecto al enlace descendente, el FBI utilizado para conexiones en macro diversidad para indicar variaciones en la potencia o fase emitida desde cada estación base.

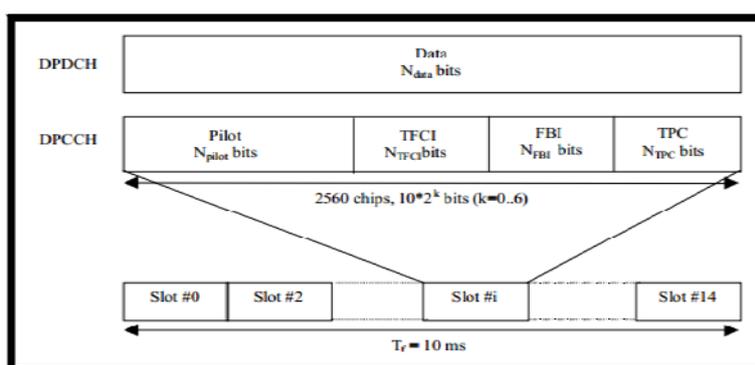


Figura 8. Trama Uplink.

Fuente: Comunicaciones Móviles, Gorriño Mónica y Gorriño Juan, Pag 231.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

La modulación utilizada sobre el enlace ascendente sigue siendo QPSK, con la salvedad comentada de utilizar el canal en fase para transmitir el DPDCH y el canal en cuadratura para transmitir el DPCCH. El filtro conformador de los chips transmitidos en fase y cuadratura sigue siendo el coseno alzado con un factor de roll-off de 0.22. Este esquema es similar para los canales PRACH y PCPCH del enlace ascendente.(Gorricho, 2002)

Los canales en fase y cuadratura son ensanchados en espectro con un código OVSF por si fuera necesario multiplexar más canales DPDCH sobre la misma transmisión. Posteriormente la señal compleja resultante es multiplicada por un código de *scrambling* también complejo primario y otro secundario opcional, los denominados códigos largos y cortos. Los códigos largos son secuencias de 38.400 chips, equivalente a 10 ms, obtenidos de dos segmentos de secuencias de Gold de longitud $2^{24} - 1$. Los códigos cortos son secuencias de 256 chips construidas como extensión periódica de códigos de longitud 255.

La motivación de utilizar códigos de *scrambling* para los enlaces ascendente y descendente es la de aplanar el espectro de la señal resultante de forma que los desvanecimientos selectivos en frecuencia provocados sobre la señal recibida tengan un menor efecto. La ortogonalidad de las transmisiones se asegura fundamentalmente con la utilización de códigos OVSF, aunque las propiedades de los códigos de *scrambling* también contribuyen a mantener la ortogonalidad de las transmisiones frente a desplazamientos temporales ocasionados entre las señales recibidas consecuencia de los diferentes retardos de propagación a los que se ven sometidos

II.2.6. Calidad UMTS.

UMTS ofrece distintos tipo de servicios que cumplen con ciertos requisitos de control de calidad, las diferencias más marcadas en estos valores vienen dadas por la

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

sensibilidad al retraso, la probabilidad de bloqueo y el *throughput*³ usuario. Estos valores son fijados por el operador de servicios así como los valores de porcentaje de cobertura.

La probabilidad de bloqueo y el *throughput* por usuario dependen de la cantidad de bits soportados y las condiciones de propagación del sistema.(González R. D., 2009)

La cobertura para los diferentes tipos de servicios viene limitada por valores de penetración, desvanecimiento o interferencia, y las probabilidades de cobertura en celdas. Una forma de evaluar la cobertura es por la influencia que tiene en el área de la celda. A continuación valores típicos a considerar:

- Cobertura excelente: 95% y 99% para probabilidad en el límite de la celda y en el área de celda respectivamente.
- Buena cobertura: 90% y 97% para probabilidad en el límite de la celda y en el área de celda respectivamente.
- Cobertura aceptable: 75% y 91% para probabilidad en el límite de la celda y en el área de celda respectivamente.

También se puede tener en cuenta la probabilidad según el área de localización, con unos valores típicos como los siguientes:

- Cobertura en exteriores: 100%
- Cobertura en interiores: 90% y 95% para tasas de bits alta y baja respectivamente
- Cobertura en automóvil: 90%(González R. D., 2009)

³Rendimiento final de una conexión. Volumen de datos que una conexión brinda como resultante de la suma de su capacidad y la resta de los factores que reducen su rendimiento.

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia
producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos
Grandes y Altamira.**

Servicios Ofrecidos por la red UMTS

De acuerdo al tipo de servicio ofrecido en la red UMTS, existen diferentes velocidades tanto en la interfaz área como en el equipo receptor, así como un *Spreading Factor* relacionado al mismo. En la *tabla 1* se encuentran detallados cada uno de estos parámetros por cada tipo de servicio ofrecido al usuario.

Servicio	Clase de Servicio	Tasa de Bits(Kbps)	Velocidad Tx Radio (Kbps)	Spreading Factor
Voz	Conversacional	12.2	60	128
Video-Conferencia	CS64	64	240	32
Navegación Web	<i>Background</i>	64 <i>Uplink</i>	240	32
		384 <i>Downlink</i>	960	8

**Tabla 1. Servicios Ofrecidos por UMTS.
Fuente: Autoría Propia.**

Valores mínimos de sensibilidad Eb/No.

En UMTS el valor de Eb/No es de suma importancia y se define como la relación mínima detectable entre la potencia de la señal y la potencia del ruido interferente.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Dicha relación depende de múltiple factores como la tasa binaria, el tipo de servicio, la velocidad del terminal, estructura de la antena.(Gorricho, 2002). A continuación se presentan (*Tabla 2*) todos los valores mínimos de Eb/No por servicio que debe poseer un sistema UMTS.

Servicio	R(kbps)	Característica	Velocidad (Km/h)	Eb/No (dB)UL	Eb/No (dB)DL
Voz	12,2	Interiores	2	4,8	6,7
Voz	12,2	Exteriores	2	4,8	6,8
Datos	64	Interiores	2	2,3	1,9
Datos	64	Exteriores	2	2,4	1,9
Datos	64	Vehicular	115	3,8	3,7
Datos	144	Vehicular	115	3,0	2,9
Datos	384	Exteriores	2	0,4	0,1

**Tabla 2. Valores Mínimos de Eb/No.
Fuente: Autoría Propia.**

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

II. 2.7 Cell Breathing

En UMTS se produce el fenómeno denominado *cell breathing* que consiste principalmente en cambiar el radio de cobertura en caso de incrementarse la carga del sistema; por ejemplo cuando el número de móviles se incrementa la cobertura decrece.

Este fenómeno afecta directamente a dos factores como lo son la capacidad y la cobertura de red y esto a su vez influye en la relación portadora-Interferencia, ya que es una medida de la cual depende directamente la calidad de servicio brindada al usuario.

II. 3. Red de celdas celulares

La red de celdas celulares, en breve, red celular, es una red de celdas en la cual cada una de las celdas cuenta con su propio transmisor, conocido como estación base. Estas celdas son usadas con el fin de cubrir diferentes áreas y para proveer cobertura de radio sobre un área más grande que el de una celda.(Fuentes, 2008)

II.3.1. Agrupaciones en las redes de celdas

Los sistemas celulares se basan en tener “K” tipos de celdas, cada tipo de celda tiene asignado un juego de frecuencias diferentes, el conjunto de “K” celdas se agrupan por clúster o agrupaciones.(Fuentes, 2008).

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

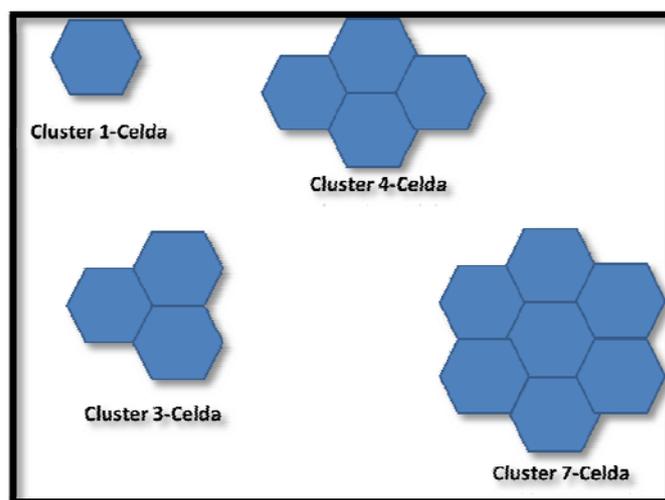


Figura 9. Agrupaciones de celdas.
Fuente: Autoría Propia.

La zona de cobertura de dichos clúster se denomina “*footprints*”, estos racimos se repiten sistemáticamente para conseguir el mapa de cobertura deseada, haciendo uso de la reutilización de frecuencias.(Fuentes, 2008)

Una operadora dispone de un ancho de banda para dar cobertura a una zona en específico, por lo que se puede decir que una operadora dispone de C canales y la zona se divide en Q agrupaciones o clúster, en donde cada agrupación hace uso de C canales, a su vez cada agrupación se subdivide en K celdas por lo que en general una celda tiene asignado $N = C/K$ canales disponibles.(Fuentes, 2008)

Las veces que se repiten las N frecuencias en el mapa de cobertura total no son más que el número de agrupaciones Q , que es igual al índice de reutilización por lo que el número de canales totales si se reserva un canal para control en cada celda es:

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

II. 3.2. Parámetros relevantes de la geometría de las celdas

Área de un rombo de lado D

$$Ar = \frac{D^2 \sqrt{3}}{2}$$

Área de un hexágono

$$Ah = \frac{R^2 3\sqrt{3}}{2}$$

Relación entre estas áreas:

$$\frac{Ar}{Ah} = \frac{D^2}{R^2 \times 3} = K$$

Parámetro	Descripción
K	Tamaño del clúster
D	Distancia de rehusó
R	Radio de celda Hexagonal
i,j	Pasos en los diferentes ejes
d	Distancia entre el centro de dos celdas

Tabla 3. Parámetros geometría celdas.

Fuente: Autoría Propia.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

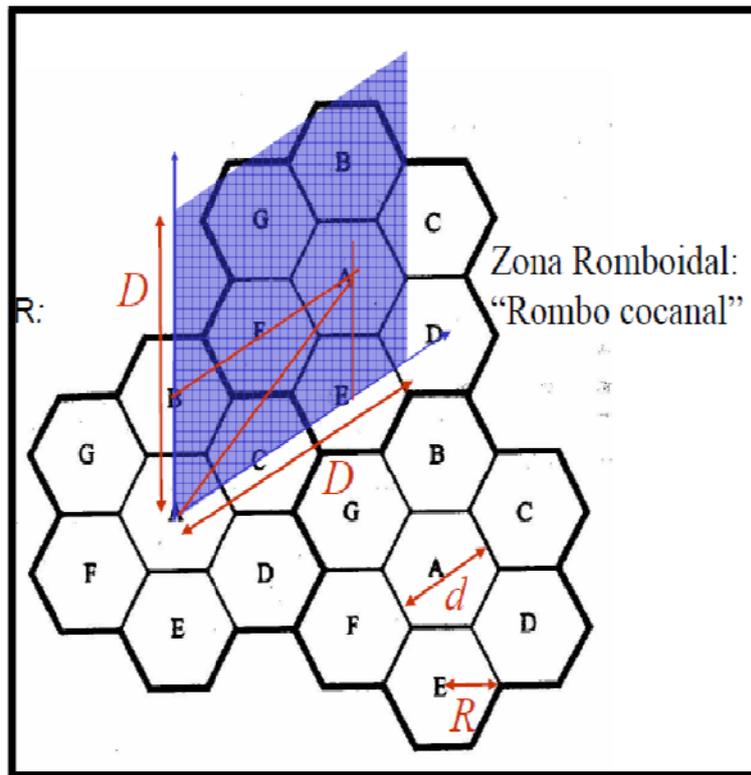


Figura 10. Geometría Celular.
Fuente: Fuentes, 2008.

Números Rómbicos

En la *Figura 11*. Se muestran los parámetros iniciales que se tomaron en cuenta para el cálculo de un clúster.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

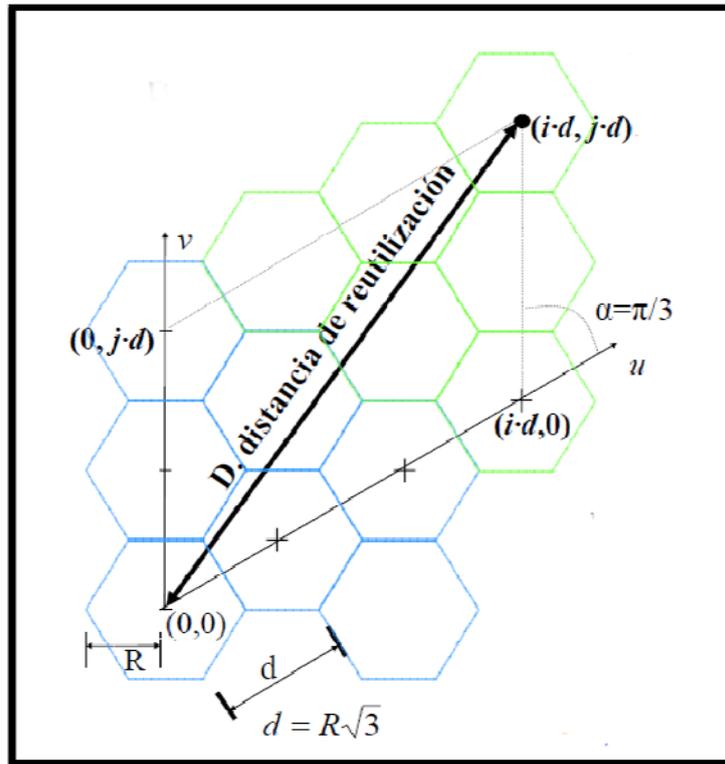


Figura 11. Números Rómbicos
Fuente: Fuentes, 2008.

Son los números que cumplen con la siguiente ecuación.

$$i^2 - j^2 = N$$

— — —

i, j enteros

Solo son posibles para celdas hexagonales.(Fuentes, 2008)

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

II. 3.3 Tipos de celdas

Existen celdas de distintos tamaños (macrocelas, microcelas, picoceladas, además de la cobertura vía satélite). Las macrocelas son celdas grandes donde el radio mínimo es de 1km, asociadas a entornos exteriores con velocidades altas en los móviles. Las microcelas tienen una distancia de cobertura de unos 200 a 400 m (pueden alcanzar hasta 1 Km) y su ámbito de aplicación son los entornos urbanos. Las picoceladas se asocian a entornos interiores con alta demanda de tráfico, tienen un radio pequeño que es entre 70 a 80 m, pudiendo alcanzar un máximo de cobertura de 100m. Es en estas picoceladas en las que se puede alcanzar la tasa de bit de 2048 Kbps En general se propone el despliegue de la red siguiendo una estructura celular jerárquica, con las celdas de menor tamaño dando servicios a las zonas de mayor demanda de tráfico.(Paz, 2012)

Tipo de celda	Entorno	Velocidad en los móviles.	Tasa de Bits
Macrocelas	Exterior rural	Alta(Hasta 500 Km/hr)	144Kbps
Microcelas	Exterior Urbano/Suburbano	Media (hasta 120 Km/hr)	384 Kbps
Picoceladas	Interior/exterior corto alcance	Baja (hasta 10 km/hr)	2048 Kbps

**Tabla 4. Clasificación de Celdas.
Fuente: Autoría Propia.**

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

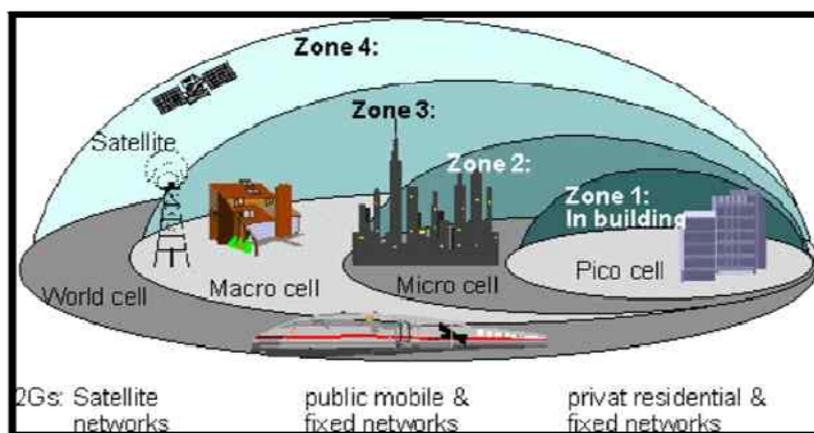


Figura 12. Cobertura Celdas en UMTS.

Fuente: <http://www.gratiszona.com/moviles/umts/40-jerarquia-umts.htm>

II.4. Interferencia

Interferir quiere decir estar en oposición. La interferencia de ondas de radio se produce siempre que se combinan dos o más ondas electromagnéticas de tal manera que se degrada o mejora según el caso el funcionamiento de un sistema.

La interferencia constructiva es un aumento de la amplitud total de la onda, ocurre cuando los picos de una onda coinciden con los de las otras. Si las ondas son de radiación electromagnética, la amplitud incrementada corresponde a un aumento en la intensidad de la radiación, ya que la intensidad de una onda electromagnética es proporcional al cuadrado de la amplitud de la onda. La interferencia destructiva por su parte es una disminución de la amplitud total de la onda y ocurre cuando, los máximos de una onda coincide con los valles de la otra teniendo como resultado una disminución de la intensidad. (Tomasí, 2003)

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

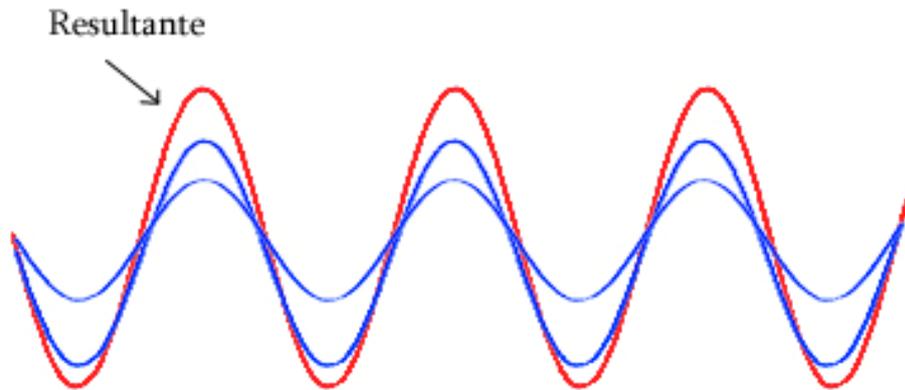


Figura 13. Interferencia Constructiva.
Fuente: Autoría Propia.

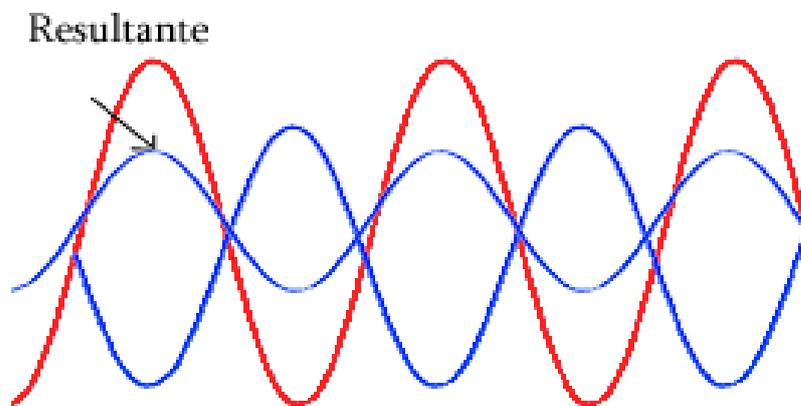


Figura 14. Interferencia Destructiva.
Fuente: Autoría Propia.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

II.4.1 Relación Portadora Interferencia(C/I).

La relación generalmente expresada en decibelios, es la potencia de la portadora de una señal deseada y la potencia de una señal interferente evaluada en unas condiciones determinadas; estas potencias están consideradas a la entrada del receptor. En presencia de varias señales interferentes independientes, se debe considerar la suma de sus potencias. Las condiciones determinadas comprenden entre otras la naturaleza y características de la señal interferente, las características del receptor y de la antena, en particular la anchura de banda.(UIT, Recomendación UIT V.573-5)

II.4.2 Relación energía por bit- densidad espectral de potencia de ruido (Eb/N0)

E_b/N_0 (relación energía por bit / densidad espectral de potencia de ruido) es un parámetro importante en comunicaciones digitales y transmisión de datos. Es una medida de la SNR(relación señal a ruido) normalizada, y también se conoce como "SNR por bit". Es especialmente útil cuando se comparan las BER (bit error ratio) de distintos esquemas de modulación digitales, sin tener en cuenta el ancho de banda. Es una magnitud adimensional. En sistemas UMTS, E_o/N_o tiene una connotación muy importante ya que si se varía la velocidad de transmisión a un usuario, esta relación necesariamente debe mantenerse, para garantizar la misma prestación del servicio al usuario.(UIT, Recomendación UIT V.573-5)

II.4.3 Ganancia de procesamiento (Gp)

También conocida como ganancia de expansión, puede definirse igual a la expansión del ancho de banda que, para el espectro expandido de secuencia directa, también es igual a la razón de segmentos y los bits de información.(Blake, 2004)

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

$$Gp = \frac{Rc}{Rb} = \frac{Tb}{Tc} = \frac{3.84 Mc}{Rb}$$

La ecuación anterior modela la ganancia de procesamiento del sistema. En UMTS Ganancia de procesamiento (Gp) es 3.84 megachips por segundo (Rc) / velocidad de la señal a transmitir (Rb), dependiendo del servicio que se esté prestando esta ganancia de procesamiento cambia. A continuación se presentan los valores de ganancia de procesamiento para servicios comunes en UMTS.(Blake, 2004). Estos valores de ganancia también llamado *Spreading Factor* ya están establecidos para cada tipo de servicio y enlace. Véase *Tabla 5*.

Servicio	Spreading Factor (Gp)
Voz	128
Video Conferencia	32
Navegación Web Uplink	32
Navegación Web Downlink	8

**Tabla 5. Valores comunes ganancia de procesamiento.
Fuente: Autoría Propia.**

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

II.4.4 Modelo de cálculo de C/I en Downlink

La solución en los sistemas celulares es reutilizar las frecuencias, las ventajas de este método es que admite interferencia pero controlada, para realizar esta operación, se calcula la potencia útil e interferente que llega a un punto de la celda, y luego se impone que este esté por encima de la relación de protección⁴. (Fuentes, 2008)

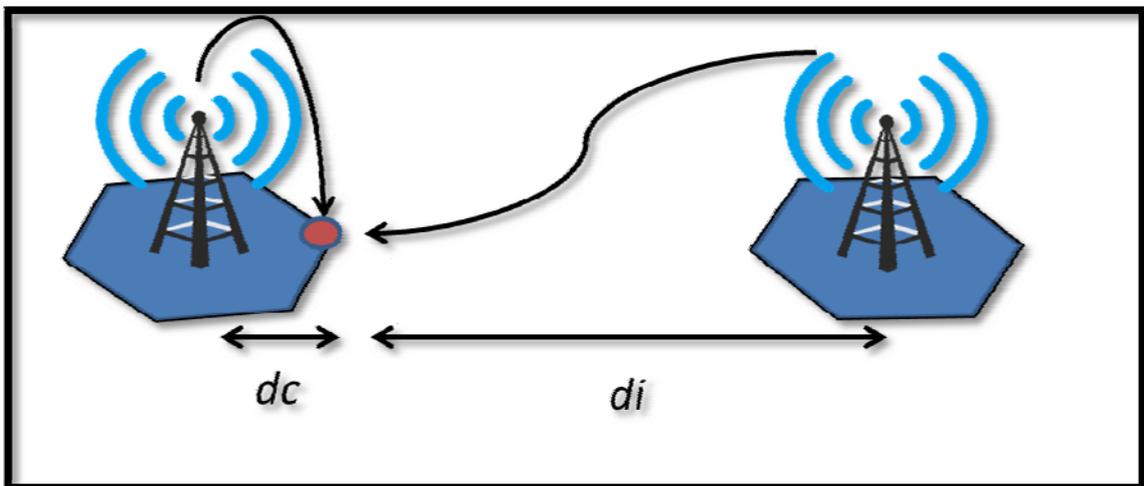


Figura 15. Comunicación entre celdas.
Fuente: Autoría Propia.

En la *tabla 6*, se define cada parámetro utilizado en las ecuaciones anteriores.

⁴ Es el valor mínimo de calidad que debe tener el sistema para garantizar un buen funcionamiento de los servicios prestados

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Parámetro	Descripción
dc	Distancia desde el transmisor al punto de la celda donde se mide la potencia transmitida
di	Distancia desde el punto dc hasta la celda interferente
k	Función que depende de la frecuencia, altura móvil, altura estación base, según el modelo de propagación
n	Constante que depende de la propagación. En Celdas urbanas n=2.7 a 5
Pt	Potencia Transmitida
Gt	Ganancia de transmisión
Gr	Ganancia de recepción
$Gr(\forall_{Tx_i-Rx})$	Ganancia de recepción en función de la Bts Interferente.
Lb_{Tx-Rx}	Atenuación espacio libre Transmisor-Receptor
Lb_{Tx_i-Rx}	Atenuación espacio libre Transmisor Interferente-Receptor
c	Potencia recibida
i	Potencia interferente
D	Distancia entre celdas
R	Radio de la celda
m	Número de estaciones bases contribuyentes

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Tabla 6. Interferencia en el Downlink entre celdas.
Fuente: Autoría Propia.

En el peor de los casos en el que el móvil se sitúa en el borde de una celda $d_c=R$, y otra celda a una distancia D transmite a la misma frecuencia y potencia:

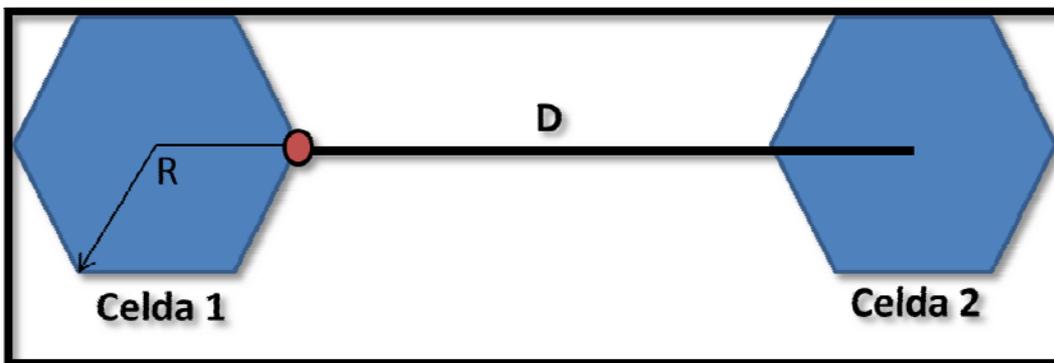


Figura 16. Distancia entre celdas.
Fuente: Autoría Propia.

La relación entre la potencia recibida en el borde de una celda y la potencia interferente recibida en el borde de esa misma celda (Fuentes, 2008).

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

II. 4.4 Modelo de cálculo C/I en Uplink

En la *Tabla 7* se define cada parámetro utilizado en las ecuaciones que se presentaran en este apartado.

Parámetro	Descripción
C/I	Relación Portadora Interferencia
Pr	Potencia de Recepción
Pi	Potencia Interferente
Tc	Tiempo de chip
M	Número Máximo de usuarios por celda
Gp	Ganancia de Procesamiento también llamada SFi
Rc	Velocidad del código de expansión (Kcps)
Rb	Velocidad Binaria del Servicio (Kbps)
Rp	Relación de Protección
K	Usuarios de celdas Vecinas

**Tabla 7. Parámetros Interferencia Uplink entre celdas.
Fuente: Autoría Propia.**

Para el Modelado de interferencia en el enlace de subida se utilizó la siguiente formula (Díez, 2009)

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

$$\frac{C}{I} = \frac{P_i}{N_o \cdot \frac{1}{T_c} + [P_r - P_i]} \frac{E_b}{N_o} = \frac{C}{I} \cdot S F_i \geq \left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{Target} \quad P_r = \sum_{i=1}^{M+K} P_i$$

Debido a que el terminal móvil no posee la misma potencia que la estación base el valor de interferencia en el enlace de subida siempre tiende a ser mayor que al enlace de bajada. (Díez, 2009)

A partir de la ganancia de procesamiento se puede calcular la relación E_b/N_o

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{C/R_b}{I/R_c} \frac{E_b}{N_o} = G_p * \frac{C}{I}$$

II. 4.5 Interferencia Inter-simbólica (ISI)

Un canal de transmisión siempre tiene un ancho de banda limitado, y por este motivo, dispersa o extiende los pulsos digitales que pasan a través del mismo. Cuando el ancho de banda del canal es superior que el ancho de banda de los pulsos, la dispersión será mínima. Si el ancho de banda del canal es cercano al de la señal, la dispersión excederá la duración del símbolo y va a causar que los pulsos se superpongan. Esta superposición es llamada interferencia intersímbolo. (Martí)

Como toda fuente de interferencia, la ISI causa una degradación al rendimiento del sistema, especialmente a velocidades de transmisión altas. Es una forma imprescindible de

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

interferencia ya que el amplificar el nivel de la señal en el transmisor no garantiza disminuir los errores producidos por el ISI.(Martí)

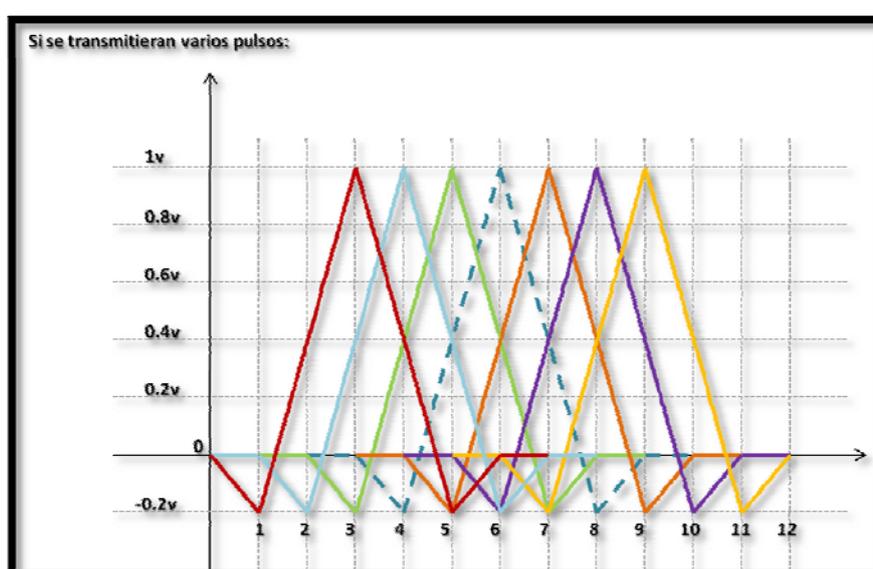


Figura 17. Interferencia Inter-Simbólica.
Fuente: <http://cnx.org/content/m36885/latest/>.

II.5. Espectro Ensanchado

La técnica de espectro ensanchado (*spread-spectrum*) consiste en la transformación reversible de una señal de forma que su energía se disperse entre una banda de frecuencias mayor que la que ocupaba originalmente. Esta técnica de transmisión se caracteriza por:

- El ancho de banda utilizado en la transmisión es mucho mayor que el necesario para una transmisión convencional. Si R es la velocidad de transmisión (una modulación convencional tendría un ancho de banda de

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

aproximadamente R Hz) y W es el ancho de banda empleado por la señal de espectro ensanchado, se cumple que $W/R \gg 1$.

- El ensanchamiento de la banda se realiza a partir de una señal pseudoaleatoria, que se caracteriza por tener una apariencia de ruido (también se le llama pseudoruido).
- La señal transmitida tendrá características pseudoaleatorias, y sólo se podrá demodular si se es capaz de generar la misma señal de pseudoruido utilizada por el transmisor.
- La transmisión de señales con espectro ensanchado es mucho más resistente a las interferencias de banda estrecha que otros tipos de transmisión.
- La señal es difícilmente detectable, ya que su nivel de potencia queda muy reducido por su dispersión espectral. Sólo después de la transformación de desensanchado, ésta recupera la relación señal a ruido suficiente para su demodulación. (Martí)
- En el caso de que se detecte la señal, la transmisión es ininteligible para que no conozca la señal pseudoaleatoria utilizada para el ensanchado del espectro.
- La transmisión es resistente a las interferencias por multicamino (*multipath*), porque aunque se trate de una interferencia de la señal sobre sí misma, tiene consecuencias parecidas a cualquier otra interferencia de banda estrecha.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- Es posible la transmisión simultánea de varias señales de espectro ensanchado por el mismo medio, ya que siempre que se cumplan ciertas condiciones, como el de las señales pseudoaleatorias generadas sean aproximadamente intercorrelacionadas unas respecto de otras, la transmisión es resistente a las interferencias de unos canales sobre otros.
- Existen dos técnicas principales de espectro ensanchado: espectro ensanchado por secuencia directa (*direct sequence*), y espectro ensanchado por saltos de frecuencia (*frequency hopping*). (Martí)

II. 6. Hard-Handover y Soft-Handover

El control de paso de llamada (*Hard Handover* y *Soft-Handover*) se hace necesario para dar soporte a la movilidad de los usuarios. Cuando un usuario cambia de celda, o se encuentra en una zona de cobertura residual el sistema puede emplear varios mecanismos de *handover*. Normalmente la estrategia de *handover* depende del operador y se basa en medidas que tanto el terminal de usuario como la estación base intercambian. Pueden existir varias causas que lleven al inicio de un proceso de *handover*, entre ellas la calidad de las medidas de señal que se hacen tanto en el enlace ascendente como descendente, la distancia entre el usuario y la estación base, un cambio de servicio, que exista una celda con menos tráfico, etc. Como ejemplo, en UMTS se especifican los siguientes tipos de *handover*: (Marquez, 2003)

- *Handover 3G-3G*
- *FDD inter-frequency hard handover*
- *FDD/TDD handover*

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- *TDD/FDD handover*
- *TDD/TDD handover*
- *Handover 3G-2G* (hacia GSM)
- *Handover 2G-3G* (desde GSM)

Un *hard handover* se produce cuando la conexión a la celda que en ese momento está dando servicio al usuario se libera y se establece una nueva conexión con la celda adyacente. El *hard handover* supone una reasignación de canales radio mediante conmutación, implica un cambio de banda de frecuencia o un cambio de sector en la misma celda. En CDMA celdas adyacentes pueden estar dando servicio con la misma frecuencia, por lo que se podría establecer una nueva conexión con una celda adyacente antes de liberarla conexión antigua. A este procedimiento se le denomina *soft handover*.

El *soft handover* requiere menos potencia, y adicionalmente aumenta la interferencia y disminuye la capacidad del sistema. Además asegura la conectividad con al menos una estación base: la conexión se mantiene con la antigua estación base mientras la nueva toma el control del enlace de comunicación. Adicionalmente a esta característica de fiabilidad que el *soft handover* proporciona a la comunicación y de aumento de capacidad en sistemas CDMA, el *soft handover* puede ver también como una técnica de macro diversidad.(Marquez, 2003)

En el intervalo de tiempo que estamos recibiendo señal de las dos estaciones base, podemos combinar ambas señales en el receptor con el fin de mejorar nuestra señal demodulada.

Por tanto en el *soft handover* el terminal de usuario empieza una nueva comunicación con una nueva estación base en una misma frecuencia, o dentro de la misma celda, con otro de los sectores.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

El procedimiento de *soft handover* se lleva a cabo mediante estos pasos:

- Medidas
- Filtrado de medidas
- Reporte de los resultados de las medidas
- Algoritmo de *soft handover*
- Ejecución del *soft handover*

Las medidas sobre las celdas que se monitorizan se filtran y estas envían los eventos de reporte que constituyen la entrada del algoritmo de *soft handover*.

Basado en las medidas de las celdas que se monitorizan, la función de *soft handover* decide qué nodos se añaden o se liberan del conjunto de nodos que puedan estar dando servicio en ese momento al terminal. (Marquez, 2003)

II.7 Android.

En los últimos años desde la aparición del sistema operativo Android se han venido desarrollando distintos proyectos y aplicaciones relacionadas con el sector de las comunicaciones que sirven de soporte para el proyecto a realizar, así mismo en las distintas universidades del mundo se han realizado trabajos de grado relacionados con la interferencia entre celdas.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

El sistema permite programar aplicaciones en una variación de Java llamada Dalvik⁵. El sistema operativo proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar aplicaciones que accedan a las funciones del teléfono (como el GPS⁶, las llamadas, la agenda, etc.) de una forma muy sencilla en un lenguaje de programación muy conocido como es Java.

Android es una pila de software para dispositivos móviles que incluye un sistema operativo, un middleware y aplicaciones. Android está basado en el sistema operativo Linux orientado a dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes y tabletas. El SDK de Android provee las herramientas y *APIs* para empezar a desarrollar aplicaciones en la plataforma Android usando el lenguaje de programación Java. (Ableson, 2010)

La arquitectura del sistema operativo se puede observar en la figura 18.

⁵-*Dalvik* es la máquina virtual que se utiliza para la plataforma de dispositivos móviles con sistema operativo Android.

⁶-*GPS* o *Global Positioning System* (Sistema de posicionamiento global). Este sistema permite localizar a nivel global objetos, personas u vehículos con gran precisión hasta de centímetros.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

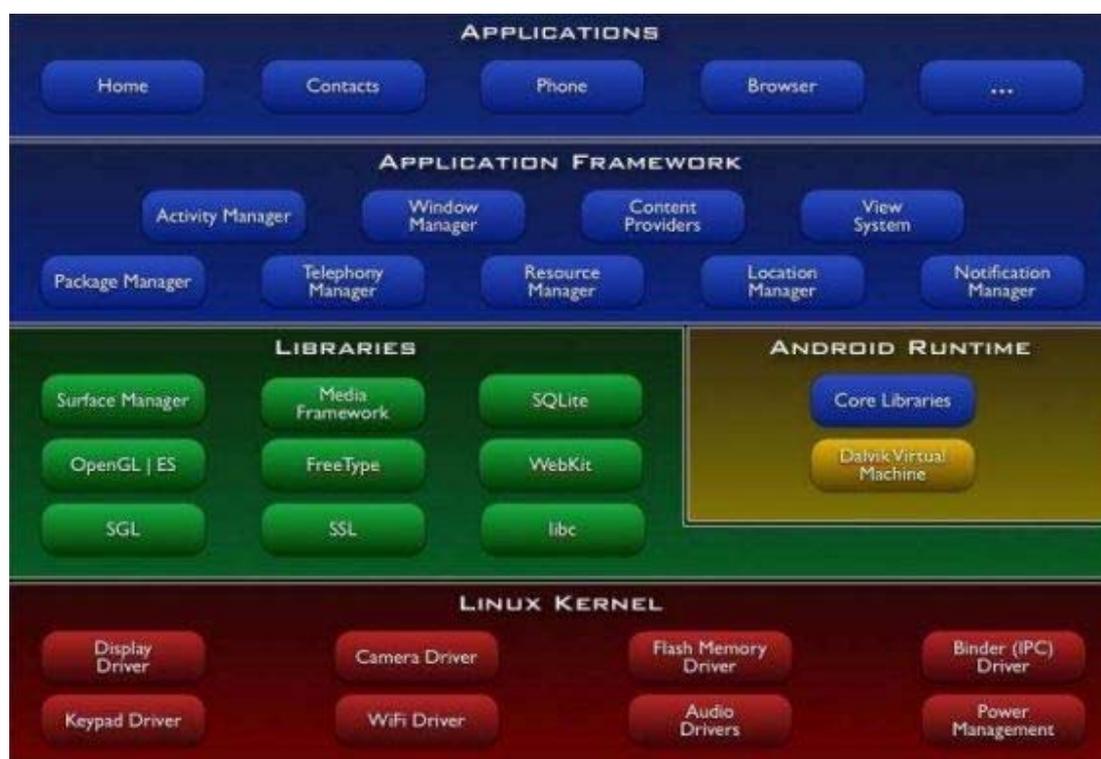


Figura 18. Arquitectura del sistema Android.

Fuente: <http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html>

- **Aplicaciones:** Todas las aplicaciones están escritas en lenguaje Java, entre las cuales trae calendario, mail, programa SMS, mapas, buscador, contactos, etc.(Ableson, 2010)
- **Marco de trabajo de aplicaciones:** Una de las ventajas de Android, es que los desarrolladores tienen acceso al hardware del dispositivo así como acceso completo a los mismos APIs del *framework* usados por las aplicaciones principales. La arquitectura está diseñada para simplificar la reutilización de componentes; cualquier aplicación puede publicar sus capacidades y cualquier otra aplicación puede luego hacer uso de esas capacidades.(Ableson, 2010)

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- **Bibliotecas:** Android incluye un conjunto de bibliotecas de C/C++ usadas por varios componentes del sistema. Algunas son: *System C library*, bibliotecas de medios, bibliotecas de gráficos, 3D y *SQLite*, entre otras.(Ableson, 2010)
- **Runtime de Android:** Android incluye un set de bibliotecas base que proporcionan la mayor parte de las funciones disponibles en las bibliotecas base del lenguaje Java. Cada aplicación Android corre su propio proceso, con su propia instancia de la máquina *virtual Dalvik*. Esta ha sido escrita de forma que un dispositivo puede correr múltiples máquinas virtuales de forma eficiente. Dalvik ejecuta archivos en el formato *Dalvik Executable* (dex), el cual está optimizado para utilizar la mínima cantidad de memoria. (Ableson, 2010)



Figura 19. Conversión del archivo .java a .dex
Fuente:Android Guía para desarrolladores, Madrid 2010.

- **Núcleo Linux:** Android depende de Linux para los servicios base del sistema como seguridad, gestión de memoria, gestión de procesos, pila de red y modelo de controladores. El núcleo también actúa como una capa de abstracción entre el hardware y la pila de software.(Ableson, 2010)

II.7.1 Fundamentos de aplicaciones en el sistema operativo Android

Las aplicaciones de Android están escritas en el lenguaje de programación Java. El código compilado de Java, junto con los datos y archivos que requiere la aplicación, se incluyen en un paquete de Android, un archivo marcado por el sufijo .APK. Este archivo es el vehículo para la difusión de la aplicación e instalarla en dispositivos móviles, es el archivo de descarga para los usuarios de sus dispositivos. Todo el código en un archivo APK es considerado como una aplicación.(Ableson, 2010)

Por defecto, a cada aplicación se le asigna un identificador único de usuario de Linux y se ejecuta en su propio proceso Linux. Los permisos se establecen de manera que los archivos de la aplicación sean visibles sólo para ese usuario y sólo en la propia aplicación, aunque hay maneras de exportarlos a otras aplicaciones también.(Ableson, 2010)

Es posible disponer de dos aplicaciones que comparten el mismo ID de usuario, en cuyo caso se podrán ver los demás archivos. Para ahorrar recursos del sistema, las aplicaciones con el mismo ID también se pueden organizar para ejecutarse en el mismo proceso de Linux, compartiendo la misma máquina virtual.(Ableson, 2010)

A diferencia de la mayoría de las aplicaciones en otros sistemas, las aplicaciones de Android no tiene un único punto de entrada para todo en la aplicación (sin función *main* (), por ejemplo). Más bien, tiene componentes esenciales que el sistema puede crear y ejecutar, según sea necesario. Hay cuatro tipos de componentes:

Actividades: Una actividad presenta una interfaz gráfica al usuario. Por ejemplo, una aplicación de mensajería de texto puede tener una actividad que muestra una lista de contactos para enviar mensajes, una segunda actividad para escribir el mensaje al contacto elegido, y otras actividades para revisar los mensajes o cambiar la configuración. Cada actividad es independiente de las demás. Cada uno de ellas es implementada como una

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia
producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos
Grandes y Altamira.**

subclase de la clase base *Activity()*. El contenido visual de la ventana es proporcionada por una jerarquía *Views()*. (Ableson, 2010)

Cada *view* controla un espacio particular dentro de la ventana rectangular. Una vista puede mostrar una pequeña imagen e iniciar una acción cuando el usuario pulsa la imagen. Android tiene un número *views* ya hechas que se pueden utilizar, como botones, campos de texto, barras de desplazamiento, menús, casillas de verificación, y mucho más. (Ableson, 2010)

Servicios: Un servicio no tiene una interfaz gráfica de usuario, sino que se ejecuta en segundo plano por un período indefinido de tiempo. Por ejemplo, un servicio puede reproducir música de fondo mientras el usuario se ocupa de otros asuntos. Cada servicio se extiende la clase base de *Service()*. Al igual que las actividades y los otros componentes, los servicios se ejecutan en el hilo del proceso principal. De manera que no se bloqueen otros componentes o la interfaz de usuario, a menudo generan otro hilo para las tareas que consumen mucho tiempo (como la reproducción de música). Receptores de radiodifusión (Ableson, 2010).

Broadcast Receiver: es un componente que recibe y responde anuncios. Muchos vienen de código del sistema, por ejemplo anuncios de que el huso horario ha cambiado, que la batería está baja, o que el usuario ha cambiado un idioma de preferencia.

Los *Broadcast Receiver* no muestran una interfaz gráfica de usuario. Sin embargo, pueden iniciar una actividad en respuesta a la información que reciben, o pueden utilizar el *NotificationManager* para alertar al usuario. (Ableson, 2010)

Content Providers: Un proveedor de contenidos establece un conjunto de datos de aplicaciones como disponibles para otras aplicaciones. Los datos pueden ser almacenados en el sistema de archivos, en una base de datos *SQLite*, o en cualquier otra forma que tenga sentido. Las aplicaciones no llaman a estos métodos directamente, pues utilizan un

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

ContentResolver. Un *ContentResolver* puede comunicarse con cualquier *Content provider*, este coopera con el proveedor para manejar cualquier comunicación entre procesos.(Ableson, 2010)

Activación de componentes (*Intents*)

Los proveedores de contenido se activan cuando son blancos de una solicitud de un *ContentResolver*. Los otros tres componentes, actividades, servicios, y *broadcast receivers*, se activan por medio de mensajes asíncronos conocidos como *intents*. Este tiene el contenido del mensaje. Para las actividades y servicios, contiene la acción que se solicita y especifica la dirección de los datos para trabajar, entre otras cosas. Para los *broadcast receivers*, contiene la acción a ser anunciada. Por ejemplo, podría anunciar a los interesados que el botón de la cámara ha sido presionado.(Ableson, 2010)

Cierre de componentes

Tanto los *Broadcast receivers* como los *content providers*, no necesitan de una acción específica por parte del usuario para terminar su ciclo, en tanto que las actividades y los servicios se encuentran en comunicación con el usuario y pueden permanecer activos. Así que Android tiene métodos para terminar las actividades y servicios de una manera ordenada:

- Una actividad puede ser terminada por una llamada a su método *finish()*.
- Un servicio puede ser detenido llamando al método *stopSelf ()* o llamando a *Context.stopService ()*.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

El archivo de manifiesto

Antes de que Android pueda iniciar la aplicación de un componente, debe saber que existe el componente. Por lo tanto, las aplicaciones declaran sus componentes en un archivo de manifiesto que es incluido en el paquete de Android, el archivo APK. Que también tiene el código de la aplicación, archivos y recursos. (Ableson, 2010)

Filtros *Intent*

Un *intent* nombra el componente a ser activado. Si es así, Android encuentra ese componente y la activa. Pero si el componente no es nombrado, Android debe localizar el mejor componente para responder al *intent*. Lo hace mediante los filtros *intent*. Este informa a Android acerca de los tipos de *intents* que este componente puede utilizar. (Ableson, 2010)

Capacidades del componente

El verdadero potencial de las acciones *Intent*, es que se puede describir el tipo de acción que se quiere realizar, de esta manera se permite al dispositivo encontrar al componente adecuado para realizar esta acción. Si existen varios componentes que pueden realizar esta acción entonces el usuario tendrá que elegir cuál de los componentes es el idóneo. (Ableson, 2010)

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Requerimientos de las aplicaciones

No todos los dispositivos con sistema operativo Android portan las mismas capacidades. Para evitar que la aplicación creada sea instalada en un dispositivo que no cuenta con las características necesarias para su funcionamiento, es necesario especificar en el archivo de manifiesto los requerimientos del software y *hardware* necesario para que la aplicación funcione correctamente.

De igual manera se puede declarar una aplicación en la que se use cierto dispositivo del celular pero que no se lo requiera, por ejemplo aplicaciones en la que se antes de comenzar la aplicación se realice un escaneo de una cámara en el celular y en el caso de no encontrarse una, deshabilitar ciertas características de la aplicación.

Las características más importantes a considerar son:

- **Tamaño de la pantalla y densidad:** Android categoriza el tipo de pantalla de los celulares por dos parámetros: tamaño y densidad, para lo cual presenta grupos ya establecidos. Para el tamaño presenta los siguientes grupos: pequeño, normal, largo y extra largo. Para densidad: baja, mediana, alta y extra alta.
- **Configuración de entradas:** Cada dispositivo presenta un método diferente para que el usuario interactúe con el mismo, tal como un teclado, una rueda de desplazamiento; el cual debe ser especificado en el manifiesto de aplicación en caso de que sea indispensable para la aplicación.
- **Características del dispositivo:** No se debe asumir que un dispositivo cuenta con las características necesarias ya sea en hardware o software, características tales como una cámara, cierto grado de fidelidad en la pantalla táctil, o cierta versión del *OpenGL*. Todo esto debe ser especificado en el manifiesto.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- **Versión de la plataforma:** Existe una gran variedad de versiones de la plataforma Android corriendo en los dispositivos que hacen uso de este sistema operativo. Cada versión incluye ciertos *APIs* que versiones anteriores no, para la cual hay que especificar el nivel de *API* correspondiente a la versión a usar. (Ableson, 2010)

II.7.2 Android SDK Manager

El Android *SDK* es un *kit* de desarrollo de software que permite a los desarrolladores crear aplicaciones para la plataforma. El *SDK* de Android incluye ejemplos de proyectos con su código fuente, herramientas de desarrollo, y herramientas para la simulación.

Al instalar el Android SDK, por defecto se creará un directorio que tendrá el mismo contenido independiente del sistema operativo en el que se instale, y poseerá información esencial para el desarrollo de aplicaciones.

El *SDK* de Android cuenta con los siguientes componentes:

- **Herramientas del SDK:** Contiene herramientas para depurar y probar la aplicación. Se puede acceder a estas herramientas en el directorio `<sdk>/tools`.
- **Herramientas SDK de la plataforma:** Son herramientas para desarrollar y depurar las aplicaciones, pero que son específicas de la versión de plataforma que se utilice. Estas herramientas son mejoradas cuando se encuentra una nueva versión de la plataforma.
- **Plataformas:** Cada plataforma incluye librerías con compatibilidad, códigos fuente de ejemplos, emuladores de *skins* y una versión de herramientas específicas. Driver

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

USB para Windows: Contiene archivos y drivers a ser instalados en *Windows* para que se pueda correr y depurar aplicaciones en dispositivos.

- **Ejemplos:** Contiene el código fuente y aplicaciones para cada plataforma.
- **Documentación:** Contiene una copia local de la última versión de la documentación acerca del desarrollo en Android.(Ableson, 2010)

II.7.3 Google Maps.

Google Maps es un servicio de Google⁷ que ofrece tecnología cartográfica potente y muy fácil de usar, así como información sobre empresas locales (ubicación, información de contacto e indicaciones sobre cómo llegar). *Google Maps* ofrece las siguientes funciones:

- Resultados de búsqueda de empresas integrados: encuentra empresas e información de contacto en un mismo sitio, todo ello integrado en un mapa.
- Mapas que se pueden transferir de un dispositivo a otro.
- Imágenes: donde se pueden observar (imágenes obtenidas por satélite,) así como imágenes de satélite con datos de mapa superpuestos.
- *Street View*: imágenes de la calle y el desplazamiento por ellas.
- Rutas detalladas: direcciones y señalización.(Ableson, 2010)

⁷-*Google* es una marca, cuyo producto principal es el motor de búsqueda que posee su mismo nombre. Además cuenta con una serie de servicios adicionales entre los cuales se encuentra *Google maps* que será utilizado en este proyecto.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Capítulo III

Marco Metodológico.

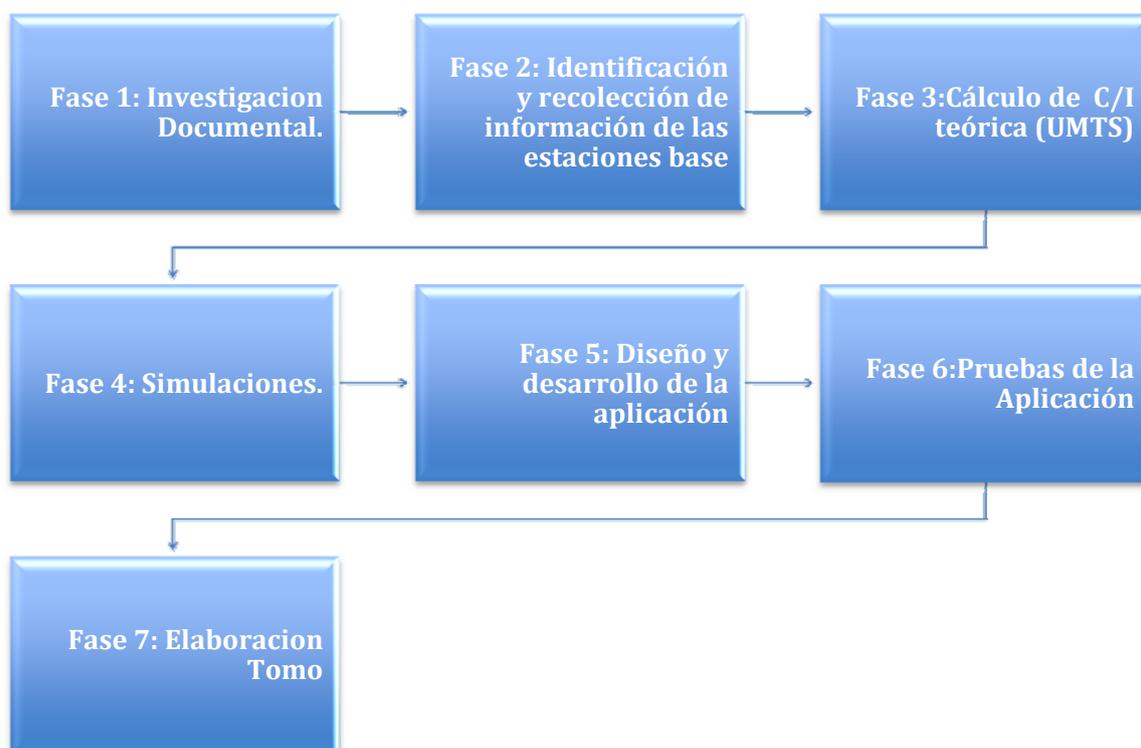


Figura 20. Esquema Marco Metodológico.
Fuente: Autoría Propia.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

III.1 Fase 1: Investigación documental

Tuvo como finalidad recopilar información perteneciente a investigaciones, artículos y trabajos de grado que permitieron establecer un marco teórico, contribuyendo así a una óptima implementación práctica del proyecto que se llevó a cabo. Adicionalmente se identificaron las aplicaciones bajo la plataforma de Android que se encuentran actualmente en el mercado relacionadas con UMTS. Finalmente se identificaron proyectos pilares para el desarrollo de esta investigación como lo es MOVILCOM 2003.

III.2 Fase 2: Identificación y recolección de información de las estaciones base.

Se ubicaron las celdas en los sectores a estudiar. Para dicha actividad, se realizó un recorrido por las principales compañías de telefonía móvil con la finalidad de recolectar información que nos permitió ubicarlas geográficamente, así como recolectar información técnica de las estaciones bases y zonas de cobertura de las mismas que contribuyeron con los cálculos. Adicionalmente se hizo un recorrido a cada una de las estaciones base para recolectar información práctica necesaria para realizar los cálculos requeridos por la aplicación. Una vez obtenida toda la información necesaria se procedió a plasmar las coordenadas en *Google Maps* y el resto de la información depurarla para ajustarla a las necesidades.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

III.3 Fase 3: Cálculo teórico de relación portadora interferencia (UMTS)

Fase fundamental en este proyecto, apoyándonos en las bases teóricas de los modelos de cálculo de la relación portadora interferencia. Para la realización de dichos cálculos se procedió a trabajar con la data recolectada en la fase anterior y paulatinamente se fue documentando. Primeramente se trabajó con el *Uplink* siguiendo los modelos correspondientes, posteriormente se trabajó con el *Downlink*, ambos enlaces se calcularon en las zonas de los Palos grandes y Altamira

Tanto en el enlace *Uplink* como en el *Downlink* se utilizó data confidencial proporcionada por empresas colaboradoras en el proyecto, por lo que su uso es netamente con fines educativo e investigativos.

III.4 Fase 4: Simulaciones

En esta fase se procedió a comprobar que todo lo realizado en la fase 3 fuera correcto. Es en esta fase donde el software MOVILCOM 2003 toma mayor importancia, ya que gracias a él se pudo simular ambos enlaces tanto el *Uplink* como el *Downlink*, comprobando los valores de relación portadora interferencia en UMTS, dicho software cuenta con el respaldo de la Universidad Politécnica de Madrid por lo que se puede considerar que su funcionamiento es óptimo, y sus bases teóricas confiables. Las simulaciones realizadas se hicieron suponiendo condiciones óptimas en ambos enlaces.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

III.5 Fase 5: Diseño y desarrollo de la aplicación

En esta fase se partió de los datos recolectados en las fases 3 y 4. En esta etapa se buscó integrar todos los componentes necesarios en una interfaz amigable para el usuario en este caso S.O Android, que facilitó la visualización de las estaciones base haciendo uso del script de *Google maps*. Una vez ubicadas las estaciones base se desarrolló el algoritmo necesario para el cálculo de la relación portadora interferencia en ambos enlaces *Uplink* y *Downlink*, posteriormente se desarrolló en la aplicación una opción para simular el enlace *Uplink*. Por otra parte se agregaron diversas opciones en el menú así como configuraciones que permiten al usuario una mejor experiencia con la aplicación.

III.6 Fase 6: Pruebas de la Aplicación

Etapa final de comprobación de la aplicación. Se realizaron recorridos por las áreas de trabajo en las cuales la aplicación se desarrolla como lo son Los Palos Grandes y Altamira, comprobando el correcto funcionamiento de cada una de sus opciones y valores arrojados por la misma. Todos los valores se comprobaron con los teóricos y con los simulados para corroborar que los mismos eran los correctos y proporcionarle al usuario final una información confiable.

III.7 Fase 7: Redacción y elaboración del tomo

Luego de finalizar las pruebas necesarias se llevó a cabo la redacción y elaboración del trabajo investigativo, en el cual se contempló tanto la base teórica utilizada en el trabajo como el desarrollo práctica del mismo y las conclusiones a las que se llegaron. Comprobando así la finalización del desarrollo de cada una de las fases del trabajo de investigación.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Capítulo IV

Desarrollo

Para el desarrollo de este proyecto se dividió el mismo en 5 fases las cuales permitieron un orden y buena ejecución. A continuación las fases de trabajo:

- Fase 1: Investigación Documental.
- Fase 2: Identificación y recolección de información de las estaciones base.
- Fase 3: Calculo de C/I teórica (UMTS).
- Fase 4: Simulaciones.
- Fase 5: Diseño y desarrollo de la aplicación.

A continuación se explica de forma más detallada el proceso llevado a cabo en cada fase para lograr el objetivo final.

IV.1 Investigación Documental.

Para la realización de este proyecto fue necesario el amplio estudio de UMTS, desde su estructura hasta sus avances en el ámbito de las aplicaciones móviles actuales. Debido a que el proyecto está orientado a la interferencia y la relación que existe de la misma con la portadora, la investigación documental se enfocó en su gran parte en ese sector.

Se realizó un estudio a fondo del software de simulación seleccionado para entender su funcionamiento y algoritmos utilizados para posteriormente realizar las simulaciones necesarias y obtener resultados satisfactorios.

Finalmente se contó con un marco teórico en el cual se encuentran todos los puntos fundamentales que dan soporte a la elaboración de este proyecto de investigación.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

IV.1.1 Selección de herramientas para el desarrollo.

Para la realización de este proyecto se quiso desarrollar la aplicación bajo un sistema operativo que abarcara la mayor cantidad de dispositivos móviles en el mercado, así mismo un sistema operativo que permitiera el libre desarrollo de aplicaciones, por lo que haciendo un análisis comparativo de las plataformas actuales en el mercado Android fue la más adecuada a los requerimientos.

Una vez seleccionado el sistema Operativo Android para el desarrollo se procedió a la selección de la versión del mismo, siguiendo la premisa de ofrecer compatibilidad a la mayor cantidad de móviles en el mercado. A continuación se presenta en la *Figura 21* una gráfica en la que se observa el porcentaje de móviles a nivel mundial por cada versión de Android.

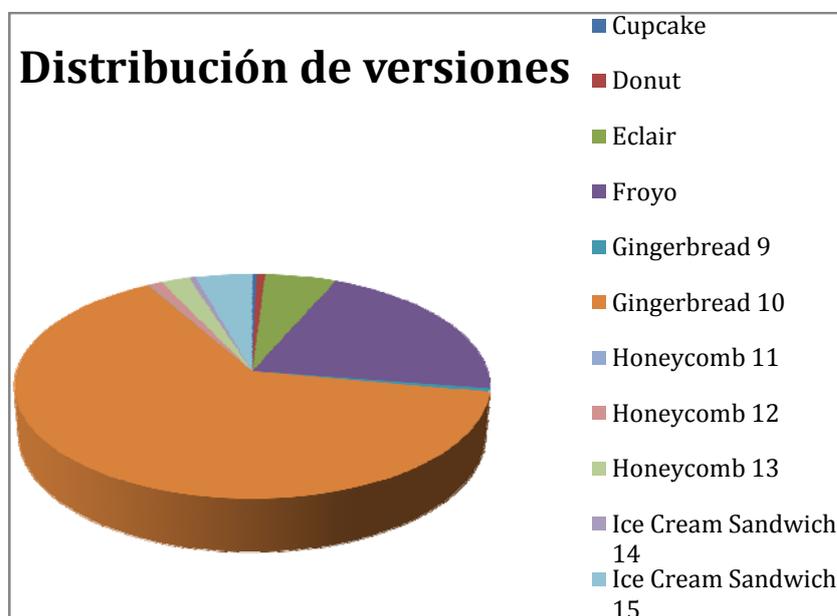


Figura 21. Distribución versiones de Android.
Fuente: Android Developers.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Como se puede observar en los datos mostrados de la *Tabla 8* la versión predominante es *Gingerbread*, sin embargo se empezó a desarrollar la aplicación desde la versión 2.1, que si bien la misma cuenta con solo 5.5 % de usuarios no se quiso excluirlos del uso de la aplicación.

Plataforma	Nombre	API Level	Distribución
Android 1.5	Cupcake	3	0.3%
Android 1.6	Donut	4	0.7%
Android 2.1	Eclair	7	5.5%
Android 2.2	Froyo	8	20.9%
Android 2.3-2.3.2	Gingerbread	9	0.5%
Android 2.3.3-2.3.7	Gingerbread	10	63.9%
Android 3.0	Honeycomb	11	0.1%
Android 3.1	Honeycomb	12	1.0%
Android 3.2	Honeycomb	13	2.2%
Android 4.0-4.0.2	Ice Cream Sandwich	14	0.5%
Android 4.0.3-4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	4.4%

**Tabla 8. Distribución versiones de Android.
Fuente: Android Developers.**

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Luego de seleccionar la versión de Android se procedió a elegir la versión del software Eclipse en la cual se desarrolló el proyecto, es este caso se seleccionó la versión más actualizada al momento de iniciar el proyecto Eclipse: Índigo, para el proceso de instalación más detallado de esta versión se puede consultar el apéndice.

Una vez seleccionados todos los parámetros necesarios para el ambiente de desarrollo se procedió a la selección del dispositivo móvil en el cual se desarrollarían las pruebas, en este caso se seleccionó el dispositivo Samsung Galaxy Nexus, equipo bajo la marca de Google de gama alta, el cual cuenta con especificaciones avanzadas y necesarias para el desarrollo del proyecto, como soporte GPS, conectividad 3G, versión *Ice Cream Sandwich*.

Aparte de contar con todas las características comentadas anteriormente, este dispositivo en particular cuenta con todas las aplicaciones de Google preinstaladas así como la completa compatibilidad con las mismas debido a que es el teléfono de la marca.

Para la selección del software de simulación la tarea fue más simple ya que en el ámbito de UMTS específicamente en los enlaces *Uplink* y *Downlink*, no se cuenta con una amplia gama por lo que investigando se encontró el software libre MOVILCOM 2003 el cual se adaptó a las necesidades presentadas por el proyecto.

Una vez seleccionadas todas las herramientas para el desarrollo se procedió a la Identificación de las estaciones Bases.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

IV.2 Identificación y recolección de información de las estaciones bases.

En esta fase se procedió a la ubicación y selección de las estaciones bases ubicadas en el área de trabajo seleccionada que en este caso fue Los Palos Grandes y Altamira, en la ciudad de Caracas. A continuación en la *Tabla 9* se muestran las estaciones bases identificadas de la operadora colaboradora en el proyecto.

Ubicación de estaciones bases.

Nombre	Ubicación	Latitud	Longitud
Av. San Juan Bosco	Altamira	10.5011	-66.8473
Centro Plaza	Los Palos Grandes	10.5007	-66.844
Centro Plaza II	Los Palos Grandes	10.5014	-66.8453
Los Palos Grandes	Los Palos Grandes	10.5042	-66.8428
Los Palos Grandes II	Los Palos Grandes	10.5094	-66.8416
Los Palos Grandes Norte	Los Palos Grandes	10.5132	-66.8435
Alazán	Altamira	10.5064	-66.8458

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Altamira Norte	Altamira	10.5127	-66.8462
Altamira	Altamira	10.5076	-66.8481
Altamira II	Altamira	10.5038	-66.8462

**Tabla 9. Ubicación Estaciones Bases.
Fuente: Autoría Propia.**

Sin embargo luego de una investigación más a fondo de cada una de las estaciones bases se observó que varias de ellas no trabajaban bajo la tecnología UMTS, por lo que se procedió a descartarlas quedando finalmente la *tabla 10*.

Nombre	Ubicación	Latitud	Longitud
Centro Plaza II	Los Palos Grandes	10.5014	-66.8453
Los Palos Grandes	Los Palos Grandes	10.5042	-66.8428
Los Palos Grandes II	Los Palos Grandes	10.5094	-66.8416
Los Palos Grandes Norte	Los Palos Grandes	10.5132	-66.8435
Altamira Norte	Altamira	10.5127	-66.8462

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

portadora interferencia en cada una de ellas. La información obtenida fue proporcionada por una empresa de telefónica nacional que decidió colaborar con el proyecto, dichos datos son netamente confidenciales y solo para uso académico. Entre la información obtenida se tiene el número de usuarios por hora y por día en una semana en todas las estaciones bases de Los Palos Grandes y Altamira, adicionalmente se cuenta con todos los ID de las estaciones bases, piso de ruidos entre otros

IV.3 Cálculo de relación C/I teórica (UMTS).

IV.3.1 Cálculo de relación C/I teórica Uplink.

Partiendo del modelo del modelos de cálculo de C/I en el *Uplink* explicado en el Marco teórico se procedió a realizar diversos cálculos teóricos con valores aleatorios de usuarios, adicionalmente se calculó el valor de Eb/No para los diversos tipos de servicios ofrecidos por la operadora.

En la *Tabla 11* se observan los valores obtenidos al aplicar las formulas antes mencionada en las cuales se tienen como parámetros de entrada el número de usuarios y el tipo de servicio obteniendo finalmente el valor de C/I y el valor de Eb/No. En el caso de tipos de servicios como se mencionó en el marco teórico se trabajó con tres principales: Voz, Video Conferencia, Navegación web. Esta división es de gran importancia ya que de esto depende la ganancia de procesamiento que posee el sistema en dichas áreas. En el caso de las áreas trabajadas en este proyecto son denominadas áreas de negocio con fuerte congestión.

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia
producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos
Grandes y Altamira.**

Número de Usuarios(M)	C/I(db)	Ganancia de Procesamiento	Tipo de Servicio	Eb/No(db)
8	-10.7554	128	Voz	10.316
15	-13.76	128	Voz	7.3121
35	-17.61	128	Voz	3.4621
50	-19.20	128	Voz	1.8721
112	-22.75	128	Voz	-1.6779
200	-25.29	128	Voz	-4.2179
8	-10.7554	32	VC	4.296
15	-13.76	32	VC	1.2915
35	-17.61	32	VC	-2.558
50	-19.20	32	VC	-4.1485
112	-22.75	32	VC	-7.6985
200	-25.29	32	VC	-10.2385
8	-10.7554	32	Web	4.296
15	-13.76	32	Web	1.2915
35	-17.61	32	Web	-2.558
50	-19.20	32	Web	-4.1485
112	-22.75	32	Web	-7.6985

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

200	-25.29	32	Web	-10.2385
------------	--------	----	-----	----------

Tabla 11. Cálculo Teórico C/I y Eb/No.
Fuente: Autoría Propia.

IV.3.2 Cálculo de relación C/I teórica Downlink.

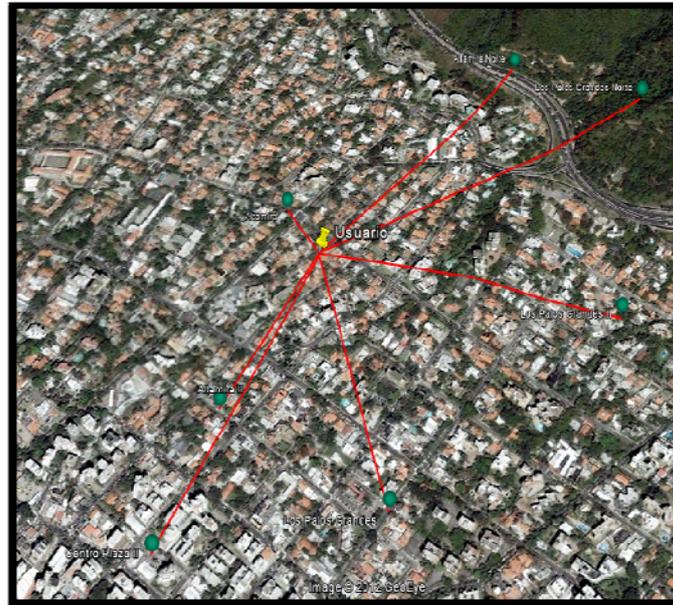
Para la realización de los cálculos teóricos se siguió el modelo explicado en el marco teórico: se tomó un punto de medición cercano a cualquiera de las celdas para simular la conexión del mismo, en este caso se colocó cercano a la estación base Altamira. Para dichos cálculos se tomaron las distancias del punto respecto a cada celda interferente (Véase *Tabla 12*).

Estación Base	Dn(Km)
Altamira	0.140
Altamira II	0.380
Centro Plaza II	0.660
Palos Grandes	0.560
Altamira Norte	0.620
Palos Grandes Norte	0.770
Palos Grandes II	0.630

Tabla 12. Distancias a las estaciones bases desde el usuario.
Fuente: Autoría Propia.

A continuación en la *Figura 23* se puede visualizar la vista satelital de la conexión.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.



**Figura 23. Vista Satelital de conexión con estaciones bases.
Fuente: Autoría Propia.**

Haciendo uso de las formulas expuestas en el capítulo 2 sobre el cálculo de C/I en el *Downlink* se procede a hacer los cálculos correspondientes.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

El cálculo fue realizado en un punto aleatorio para observar la veracidad de los cálculos teóricos, a continuación se procedió a realizar las simulaciones para posteriormente comparar ambos resultados.

IV. Simulaciones.

Para la realización de las simulaciones se configuro la red UMTS con los siguientes parámetros iniciales.

➤ **Estación Base**

Ptx(mW) máx.	Pot(mW) SCH	Pot(mW) CCCH	Ganancia Antena (dB)	Perdidas(dB)	Factor de ruido (dB)	Altura(m)
40000	800	200	17	2	4	20

**Tabla 13. Datos Estación Base.
Fuente: Autoría Propia.**

➤ **Parámetros Radioeléctricos.**

Exponente	σ (dB)
4	5.65

**Tabla 14. Ley de Propagación.
Fuente: Autoría Propia.**

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Por edificios(dB)	Por usuarios (dB)
15	2

Tabla 15. Pérdidas.
Fuente: Autoría Propia.

Frecuencia(MHz)	Margen log-normal(dB)
1800	10

Tabla 16. Otros Parámetros.
Fuente: Autoría Propia.

➤ **Parámetros UMTS**

Ganancia SHO(dB)	Ganancia Diversidad(dB)	Factor Interferencia Intercelular	Factor ortogonalidad
4	3	1.2	0.5

Tabla 17. Parámetros UMTS.
Fuente: Autoría Propia.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

IV.4.1 Simulación Uplink

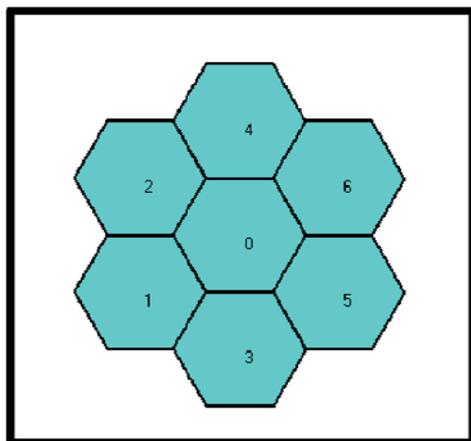


Figura 24. Red UMTS simulada Uplink.
Fuente: Autoría Propia.

Finalmente luego de configurar todos los parámetros se obtuvieron los siguientes valores de interferencia en el enlace.

A continuación en la *Tabla 18* se pueden observar los resultados obtenidos en la simulación para distintos números de usuario y servicios.

Número de Usuarios(M)	C/I(db)	Ganancia de Procesamiento(db)	Tipo de Servicio	Eb/No(db)
8	-10.91	128	Voz	10.16
15	-13.80	128	Voz	7.27
35	-17.58	128	Voz	3.49
50	-19.16	128	Voz	1.92
112	-22.69	128	Voz	-1.62

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

200	-25.22	128	Voz	-4.14
8	-10.91	32	VC	4.14
15	-13.80	32	VC	1.25
35	-17.58	32	VC	-2.53
50	-19.16	32	VC	-4.1
112	-22.69	32	VC	-7.64
200	-25.22	32	VC	-10.16
8	-10.91	32	Web	4.14
15	-13.80	32	Web	1.25
35	-17.58	32	Web	-2.53
50	-19.16	32	Web	-4.1
112	-22.69	32	Web	-7.64
200	-25.22	32	Web	-10.16

**Tabla 18. Resultados simulación Uplink.
Fuente: Autoría Propia**

A continuación la comparación entre los valores obtenidos teóricamente y los simulados. Véase *Tabla 19*.

Número de Usuarios(M)	Tipo de Servicio	C/I(db)	C/I(db)
		Teórico	Simulado

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia
 producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos
 Grandes y Altamira.**

8	Voz	-10.75	-10.91
15	Voz	-13.76	-13.80
35	Voz	-17.61	-17.58
50	Voz	-19.20	-19.16
112	Voz	-22.75	-22.69
200	Voz	-25.29	-25.22
8	VC	7.02	6.87
15	VC	4.014	3.98
35	VC	0.160	0.2
50	VC	-1.42	-1.37
112	VC	-4.97	-4.91
200	VC	-7.51	-7.43
8	Web	7.02	6.87
15	Web	4.014	3.98
35	Web	0.160	0.2
50	Web	-1.42	-1.37
112	Web	-4.97	-4.91
200	Web	-7.51	-7.43

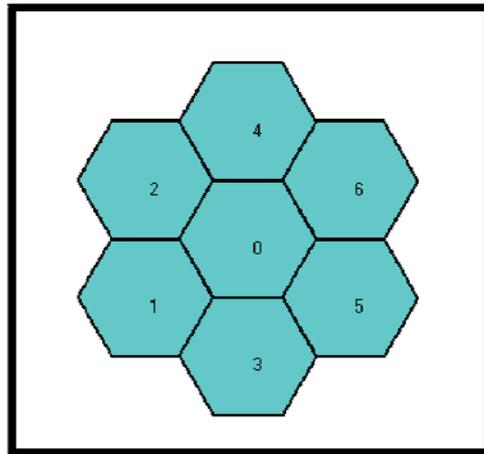
**Tabla 19. Comparación entre datos teóricos y datos simulados Uplink.
 Fuente: Autoría Propia**

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Como se puede observar los valores en ambas columnas son cercanos lo que confirma la veracidad del modelo utilizado para el cálculo de la relación C/I.

IV.4.2 Simulación Downlink

En la *Figura 25* y *26*, se muestra la red UMTS con siete (7) celdas, utilizada para la simulación del *Downlink*. Así como un punto aleatorio en una celda para el cálculo de C/I.



**Figura 25. Red UMTS simulada Downlink.
Fuente: Autoría Propia.**

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

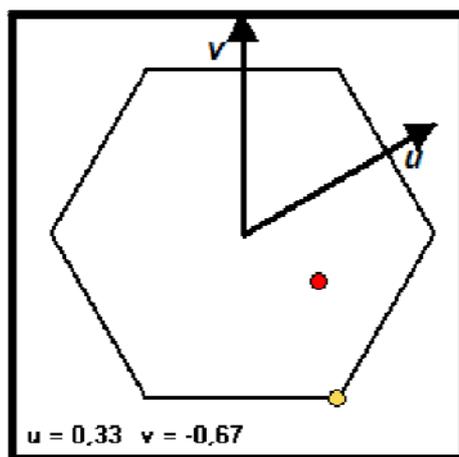


Figura 26. .Punto de medición.
Fuente: Autoría Propia.

Para dichos parámetros se obtuvo el siguiente valor (*Tabla 20*) de la relación portadora interferencia en el enlace de subida:

C/I
15.47 dB

Tabla 20. Resultado C/I simulación Downlink.
Fuente: Autoría Propia

En este caso los valores obtenidos no son comparados ya que la distribución de estaciones bases en la simulación es ideal mientras que en la práctica no, por lo que los valores obtenidos son distintos, sin embargo se puede observar que los valores son cercanos.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

IV.5 Diseño y Desarrollo de la aplicación

Para el desarrollo de la aplicación se cuenta con una serie de clases de java que conforman la misma así como todas los *layouts* que conforman la interfaz gráfica. A continuación en la *Tabla 21* se observa la función respectiva de cada uno de ellos.

Nombre de Clase	Descripción
Menuthesis.java	Clase que controla la pantalla principal de la aplicación en la cual se encuentra el menú desde el cual se puede ingresar a las distintas opciones de la aplicación, como la ubicación de estaciones base, simulación, configuración.,
MapThesis.java	Clase vital de la aplicación en la cual se encuentran todos los algoritmos de cálculo de la relación portadora interferencia, así mismo se encuentran todo lo relacionado con la pantalla del mapa en la cual se encuentran distintos <i>TextView</i> para mostrar la información deseada, adicionalmente las coordenadas y ubicación de cada una de las estaciones bases.
Simulation.java	En esta clase se controla todo lo relacionado con la sección de simulación del <i>Uplink</i> en la cual se encuentran los algoritmos de cálculo así como el manejo de opciones en el menú se selección de tipo de servicio.
Tesis2Activity.java	En esta clase se controla toda la parte del introducción de la aplicación en la cual se muestra el logo de la UCAB, de la escuela de Telecomunicaciones y de la aplicación.
BallonItemizedOverlay.java BallonOverlayView.java	Estas tres clases en conjunto son las que controlan los elementos <i>Ballon</i> , que son los que permiten desplegar una ventana al presionar cada una de las estaciones bases con la

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

CustomBallonOverlay.java	información del <i>Uplink</i> .
About.java	Controla la sección de Acerca de.. en la aplicación en la cual se encuentra toda la información de contacto, así como las condiciones de uso de la misma.
Configura.java	Controla la configuración de la aplicación, en la misma se pueden seleccionar varias opciones como alertas, tipo de servicio entre otros.

Tabla 21. Objetivos por clase.
Fuente: Autoría Propia.

IV.5.1 Interfaz gráfica

Para iniciar el proceso de diseño y desarrollo de la interfaz gráfica de la aplicación, se pensó en las necesidades y comodidad del usuario final principalmente, sin embargo debido a la naturaleza de la aplicación el diseño apuntaba principalmente al uso de un *MapView*⁸ lo que no permite muchos cambios en el diseño. A continuación se explicara detalladamente cada una de las opciones y *layouts*⁹ desarrollados. Se decidió llamar a la aplicación “*UMTS Interference*”

Introducción

⁸ Capa para trabajar con mapas en el sistema operativo Android.

⁹ Layout es un término de la lengua inglesa que no forma parte del diccionario de la Real Academia Española (RAE).. La noción de layout suele utilizarse para nombrar al esquema de distribución de los elementos dentro un diseño.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Al iniciar la aplicación (*Figura 27*) se cuenta con una introducción de 5 segundos en la cual se muestran los logos de la Universidad, la escuela de Telecomunicaciones y finalmente el icono de la aplicación.



Figura 27. Introducción Aplicación.
Fuente: Autoría Propia.

Menú Principal

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

En el menú principal se cuenta con una interfaz sencilla con cuatro pestañas principales en las cuales se pueden acceder a las distintas opciones de la aplicación.



Figura 28. Menú Principal Aplicación.
Fuente: Autoría Propia.

A continuación la función detallada de cada una de ellas:

Nodos B

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

La pestaña nodos B es la principal de la aplicación en la cual se pueden observar los valores de la relación C/I tanto en el *Uplink* como en el *Downlink*, así como las estaciones bases ubicadas en las zonas de trabajo.

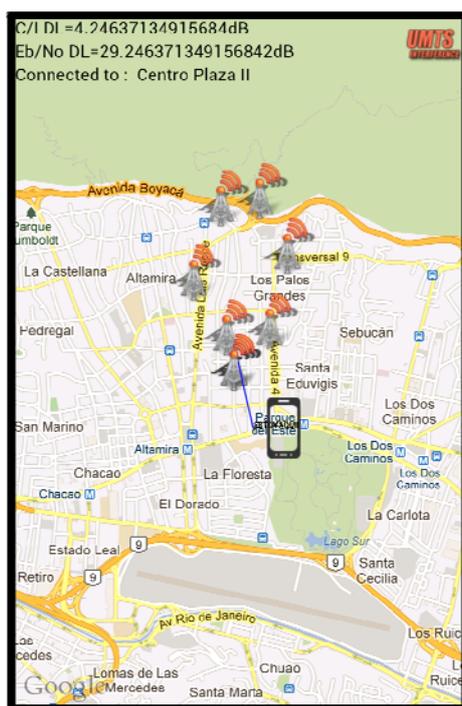
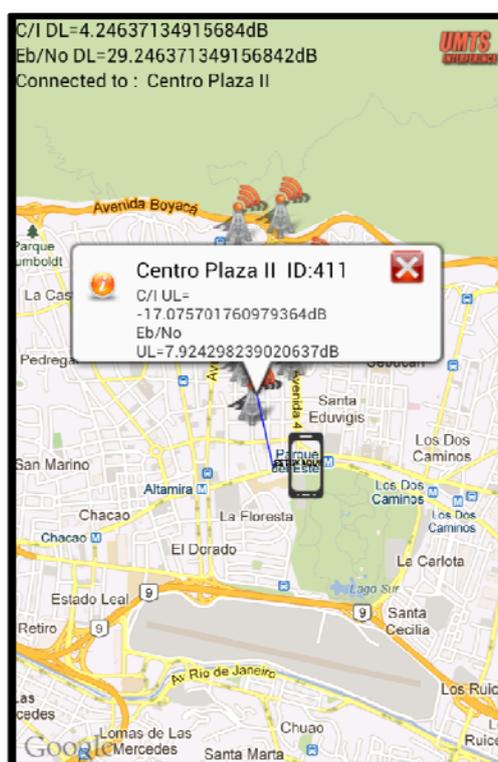


Figura 29. Interfaz nodos B.
Fuente: Autoría Propia.

Como se puede observar en la *figura 29* la conexión entre el equipo de usuario y la estación base se representó con una línea azul la cual se va dibujando mientras el usuario va moviéndose por el mapa, dichas líneas quedan fijadas en el mapa durante toda la sesión. En la esquina superior se pueden observar los valores de C/I en el *Downlink*, así como el nombre de la celda a la cual está conectada el equipo móvil. El valor de C/I va cambiando en tiempo real con respecto a la posición del usuario por lo que se decidió colocar el valor directo encima del *MapView* para que el usuario pudiera observar de forma más sencilla y

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

rápida el cambio de valores, a diferencia de la información del *Uplink* la cual se representó de forma distinta haciendo uso de *Ballons*¹⁰ como se puede observar en la siguiente figura.



**Figura 30. Ballons en MapView.
Fuente: Autoría Propia.**

Es importante que la información del C/I así como el Eb/No solo aparecerá en el *Ballon* mientras el equipo móvil esté conectado a la estación base, de otra forma solo aparecerá el mensaje “*Out of Range*”, adicionalmente se observa información básica de la estación base como el ID.

¹⁰ Ventanas emergentes que se observan al tocar un elemento determinado del Mapview.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

En dicha pestaña se desarrolló un menú de opciones para manejarlas de forma sencilla. A continuación las opciones presentadas en el menú.

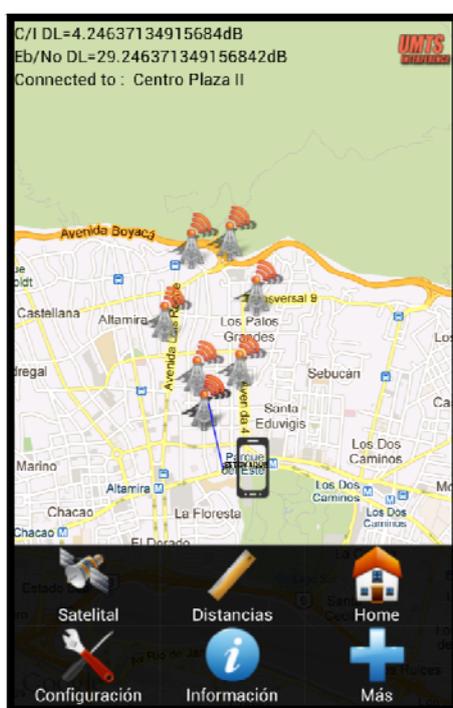
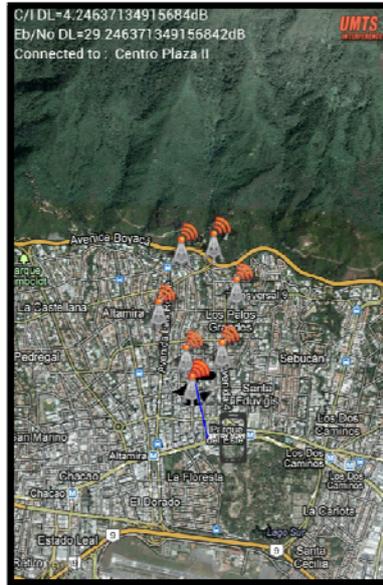


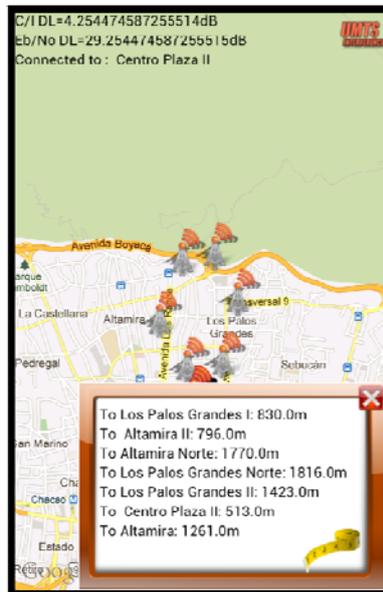
Figura 31. Menú Nodos B.
Fuente: Autoría Propia.

- **Satelital:** Ofrece una vista satelital del mapa.
- **Distancias:** Despliega una ventana en la cual se representan el valor de las distancias del equipo de usuario a cada una de las estaciones bases.
- **Configuración, Home e Información:** Cada una de estas opciones lleva a la ventana correspondiente.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.



**Figura 32. Vista Satelital.
Fuente: Autoría Propia.**

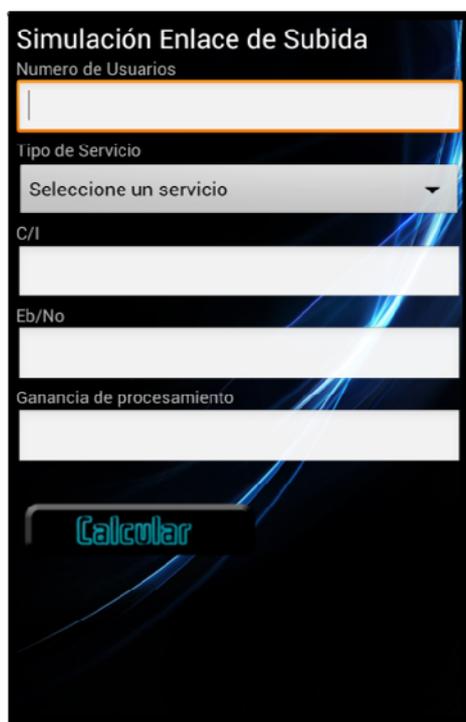


**Figura 33. Distancias Estaciones Bases.
Fuente: Autoría Propia.**

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Simulación.

En la sección de simulación se cuenta con una interfaz sencilla en la cual el usuario introduce un número específico de usuario mediante un *EditText*, selecciona el tipo de servicio mediante un menú desplegable para finalmente obtener los valores de C/I y Eb/N0.



The image shows a mobile application interface for a simulation. The title is "Simulación Enlace de Subida". Below the title, there are five input fields: "Numero de Usuarios" (a text input field), "Tipo de Servicio" (a dropdown menu with the text "Seleccione un servicio"), "C/I" (a text input field), "Eb/No" (a text input field), and "Ganancia de procesamiento" (a text input field). At the bottom of the interface, there is a button labeled "Calcular". The background of the interface is dark with some blue light effects.

**Figura 34. Interfaz Simulación.
Fuente: Autoría Propia.**

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

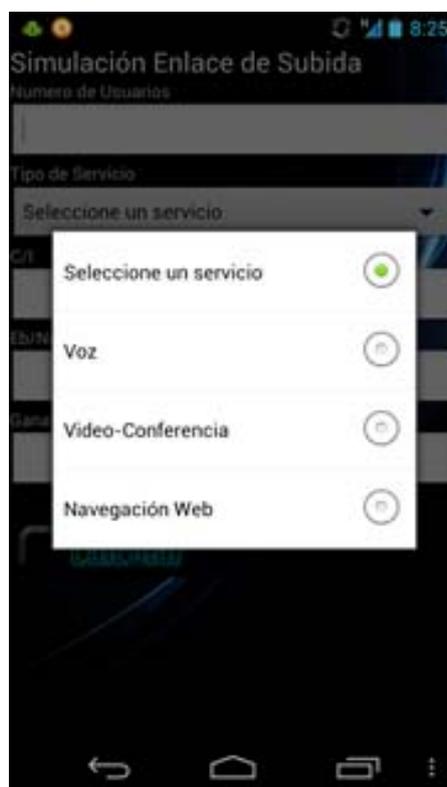


Figura 35. Menú Simulación.
Fuente: Autoría Propia.

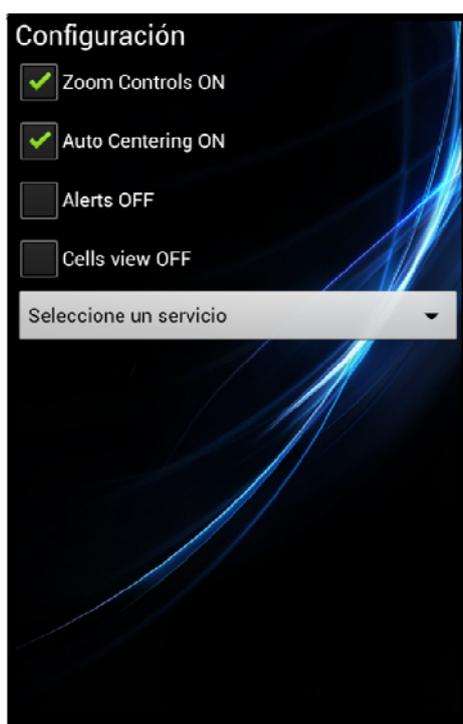
Configuración.

En la sección de configuración se agregaron opciones que permiten modificar diferentes parámetros de la aplicación. En este caso se cuentan con 5 opciones que se explican a continuación:

- *Zoom Controls*: Permite activar o desactivar los controles de zoom que aparecen en pantalla.
- *AutoCentering*: Esta opción permite centrar automáticamente el mapa al punto en el cual se encuentra el equipo móvil.
- *Alerts*: La opción de alertas permite avisarle al usuario al momento de realizar una actualización de ubicación mediante una vibración.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- *Cell View*: La opción *Cell View* permite observar las estaciones bases en forma de celda.
- Selección de Servicio: Menú desplegable que permite elegir el tipo de servicio con el cual se está trabajado.



**Figura 36. Interfaz Configuración.
Fuente: Autoría Propia.**

Acerca de...

En la opción de “Acerca de” se observa una breve descripción e información de la aplicación así como la información de contacto y finalmente los términos y condiciones de la misma.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.



Figura 37. Interfaz Acerca de...
Fuente: Autoría Propia.

IV.5.2 Desarrollo Uplink.

Primeramente para el proceso de conexión se realizó una comparación entre el ID de la estación base manejado por la configuración del teléfono y el ID registrado en la base de datos de la aplicación, de esta forma la aplicación sabe a qué estación base está conectado el terminal móvil, para posteriormente dibujar sobre el *MapView* la línea de conexión.

Siguiendo el modelo expuesto en el marco teórico se identificaron los datos necesarios para poder realizar los cálculos en el *Uplink*. Como se puede observar en el

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

modelo del *Uplink* de cálculo de C/I es necesario el número de usuarios conectados a la estación base al momento de realizar el cálculo. Tomando en cuenta que no había forma de obtener esa información de la estación base por políticas de seguridad, se procedió a utilizar un método alternativo de obtención de número de usuarios.

El método alternativo consistió en cambiar el número de usuarios dependiendo de la hora en la cual se ingresó en la aplicación, por lo que se trabajó con una base de datos proporcionada por la empresa colaboradora en el proyecto, en la cual se contó con los datos de cantidad de usuarios conectados por hora y día de la semana en cada estación base.

Para la obtención de la hora y día del equipo móvil se utilizó el siguiente código.

```
Calendar calendar = Calendar.getInstance ();  
    day = calendar.get(Calendar.DAY_OF_WEEK);  
    hour = Calendar.getInstance().get(Calendar.HOUR_OF_DAY);
```

El algoritmo devuelve en la variable *day* un número del 1 al 7 que corresponden a los días de la semana siendo 1 el día Domingo. Por otra parte la variable *hour* devuelve la hora que posee el terminal en ese momento.

A continuación (*Figura 38*) un ejemplo de cómo funciona el algoritmo.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

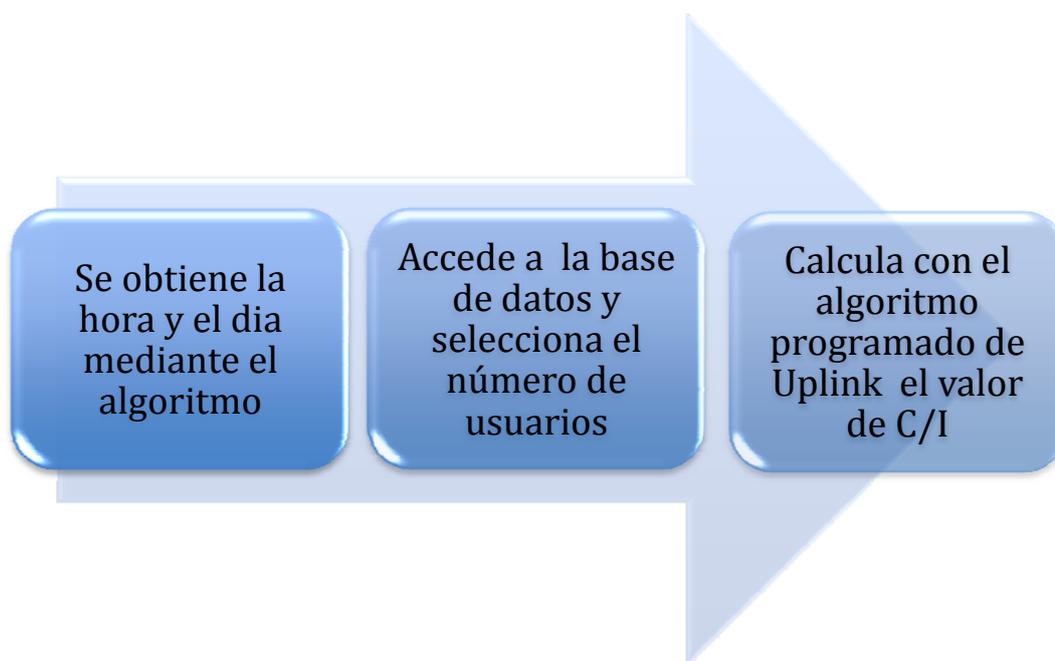


Figura 38. Proceso de obtención de usuarios.

Fuente: Autoría Propia.

Es importante acotar que si bien el número de usuarios utilizado para el cálculo no es exacto, el comportamiento y la tendencia de uso son repetitivos en una semana de trabajo para las zonas de Los Palos Grandes y Altamira.

Posteriormente para el cálculo de E_b/N_0 se utiliza el valor de ganancia de procesamiento que va ligado al tipo de servicio seleccionado por el usuario en la configuración de la aplicación.

Para entender la conducta de los usuarios y ver la distribución de los mismos en la zona, se realizaron unos gráficos Estación Base VS. Número de usuarios.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

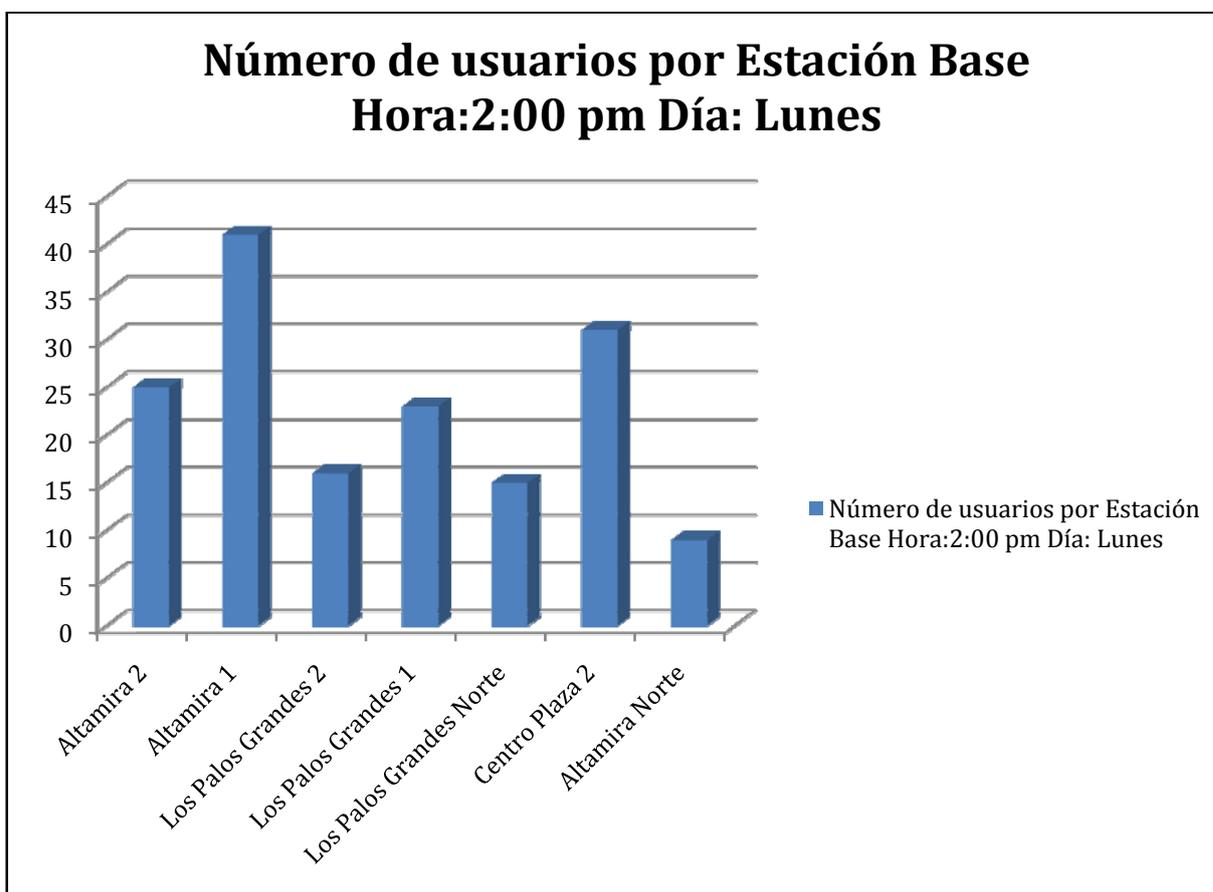
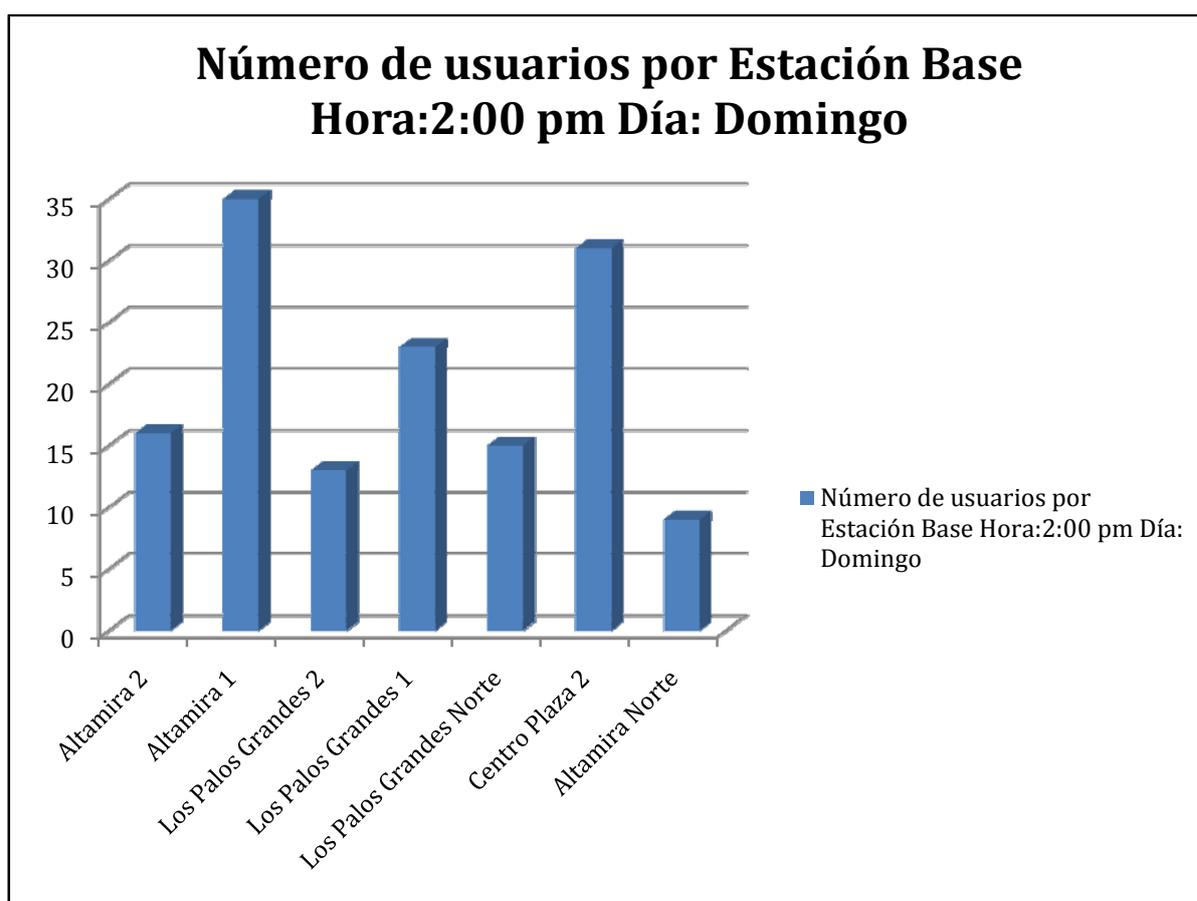


Figura 39. Número de usuarios por Estación Base.
Fuente: Autoría Propia.

En la gráfica se puede observar la densidad de usuarios un día Lunes a las 2:00 pm, en las estaciones bases Altamira 1 y Centro Plaza 2 se muestra un claro incremento en el número de usuarios debido a que dichos sectores se encuentran rodeados de mayor cantidad de oficinas, mientras que las zonas Norte como la estación base Altamira Norte y Los Palos grandes Norte son zonas más residenciales.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

A continuación se puede observar un gráfico con la densidad de usuarios un día domingo. A las 2:00 pm.



**Figura 40. Número de usuarios por Estación Base II.
Fuente: Autoría Propia.**

Se puede apreciar un decremento de usuarios en todas las estaciones bases debido al día de la semana. Sin embargo las celdas ubicadas en el norte siguen con menor densidad de usuarios.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

IV.5.2 Desarrollo Downlink.

Para el desarrollo de la aplicación en el *Downlink* se utilizó un modelo de cálculo de C/I de mayor complejidad debido a la naturaleza del enlace, en este caso se trabajó con cada una de las distancias de las estaciones bases al equipo de usuario. A continuación se explicará el algoritmo utilizado para el cálculo de las distancias.

Calculo de distancias.

Para el cálculo de las distancias se utilizó el siguiente algoritmo:

```
int Radius = 6371000; //Radio delatierra
double lat1 = location.getLatitude()* 1E6/ 1E6;
double lat2 = 10.5094*1E6 / 1E6;
double lon1 = location.getLongitude() * 1E6/ 1E6;
double lon2 = -66.8416*1E6 / 1E6;
double dLat = Math.toRadians(lat2-lat1);
double dLon = Math.toRadians(lon2-lon1);
double a = Math.sin(dLat / 2) * Math.sin(dLat / 2) +
Math.cos(Math.toRadians(lat1)) * Math.cos(Math.toRadians(lat2)) *
Math.sin(dLon /2) * Math.sin(dLon/2);
double c = 2 * Math.asin(Math.sqrt(a));
ca= (int) (Radius * c);
```

Como se puede observar en el código se trabajó con la latitud y longitud de los dos puntos entre los cuales se quiere calcular la distancia.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

En este caso la variable *lat1* y *lon1* contienen los valores de latitud y longitud de la ubicación actual del equipo móvil, mientras que *lat2* y *lon2* contienen la ubicación de la radio base. Posteriormente se realizan los cálculos observados en la variable *a* para luego multiplicar por el radio de la tierra. Este procedimiento se efectúa con las 7 estaciones base para calcular la distancia en tiempo real de cada una, para a continuación introducir dichos valores en el modelo de cálculo de C/I. Para poder obtener los valores en tiempo real de la ubicación del usuario respecto a las estaciones bases, se insertó el algoritmo anterior para cada una de las estaciones base, dentro de la función “`private class GPSLocationListener implements LocationListener`”, dicha función se actualiza cada vez que el usuario cambia sus coordenadas en el mapa, de manera que si el usuario está en movimiento el cálculo de distancias se va actualizando continuamente.

A continuación la fórmula de la cual partió el algoritmo de cálculo de C/I.

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-n}}{\sum_m D_i^{-n}} = \left(\frac{D - R}{R}\right)^n = \left(\frac{D}{R} - 1\right)^n$$

En el capítulo 2 se explica de forma detallada el significado de cada variable.

Luego, tal como se explicó en el apartado anterior, se ubicó mediante la base de datos el ID de la estación base en la cual el equipo del usuario está conectado.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

IV.5.3 Desarrollo del Simulador Uplink.

En esta sección se desarrolló un simulador con la finalidad de permitirle al usuario obtener diversos valores de importancia.

Al momento de desarrollar el simulador se pensó en una interfaz sencilla en la cual el usuario pudiera de forma rápida realizar los cálculos requeridos para los distintos tipos de servicios con los cuales se trabajó en el proyecto: Voz, Video conferencia, Navegación web.

El algoritmo funciona la siguiente forma:

- Se introduce el número de usuarios en la casilla.
- Se selecciona el tipo de servicio en el menú desplegable.
- Se presiona el botón Calcular.

Automáticamente el simulador arroja los valores de C/I, Eb/No y Ganancia de procesamiento.

Se verifico el buen funcionamiento del simulador comparándolo con el software de simulación MOVILCOM 2003, adicionalmente se comparó de igual forma con los valores teóricos. A continuación se presenta el algoritmo de cálculo:

```
if (str!= null) {  
    valor_ebfinal= 10*(Math.Log10((1/(((Double.parseDouble(str))-  
1)*reuti))*valor_sinlog));  
    String convvalor_ebfinal=Double.toString((valor_ebfinal));  
    ebn.setText(convvalor_ebfinal + " dB");  
valor_usuarios= 10*(Math.Log10(1/(((Double.parseDouble(str))-  
1)*reuti)));
```

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

```
String convvalor_usuarios = Double.toString((valor_usuarios ));  
portin.setText(convvalor_usuarios+" dB");
```

Capítulo V

Resultados

En este capítulo, se especifican los resultados obtenidos en cada objetivo específico y que en conjunto contribuyen al producto final, el cual tiene como objetivo principal, el desarrollo de una aplicación móvil que permita medir la relación portadora interferencia (C/I) en los enlaces *Uplink* y *Downlink* entre el usuario y las estaciones bases. Así mismo indicar la relación señal a ruido de los mismos, en los sectores de los Palos Grandes y Altamira, Caracas, Venezuela.

Una vez recolectada satisfactoriamente la información teórica que da soporte al tema, se ubicaron las estaciones bases identificadas, para posteriormente calcular teóricamente la relación portadora interferencia y la relación señal a ruido, como se puede observar en el capítulo IV.

Verificada la información obtenida teóricamente mediante el simulador seleccionado MOVILCOM 2003, se procedió a desarrollar los algoritmos de cálculo de las relaciones, mediante la información recolectada para dicho fin.

Todos los resultados presentados a continuación son producto de las mediciones realizadas en siete (7) puntos aleatorios con la aplicación final denominada UMTS INTERFERENCE en las distintas estaciones bases que funcionan bajo la tecnología UMTS.

Posteriormente a los resultados se encuentra el análisis de los distintos escenarios presentados en las estaciones bases de la zona.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Estación Base Los Palos Grandes II			
Servicio	Voz	Video Conferencia	Navegación Web
BTSID	89	89	89
Distancia desde UE hasta Nodo B conectado (m)	435	435	435
C/I Downlink (dB)	3,72	3,72	3,72
C/I Uplink (dB)	-10,75	-10,75	-10,75
Eb/No Downlink(dB)	28,72	21,50	13,72
Eb/No Uplink (dB)	14,24	7,024	7,024
Día/Hora	Domingo/11:57	Domingo/11:57	Domingo/11:57
Número de usuarios	2		

Tabla 22. Resultados Los Palos Grandes II.
Fuente: Autoría Propia.

Estación Base Los Palos Grandes I			
Servicio	Voz	Video Conferencia	Navegación Web
BTSID	22	22	22
Distancia desde UE hasta Nodo B conectado (m)	269	269	269

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

C/I Downlink (dB)	8,59	8,59	8,59
C/I Uplink (dB)	-15,09	-15,09	-15,09
Eb/No Downlink(dB)	33,59	26,37	18,59
Eb/No Uplink (dB)	9,90	2,68	2,68
Día/Hora	Domingo/11:52	Domingo/11:52	Domingo/11:52
Número de usuarios	10		

Tabla 23. Resultados Los Palos Grandes I.
Fuente: Autoría Propia.

Estación Base Centro Plaza II			
Servicio	Voz	Video Conferencia	Navegación Web
BTSID	411	411	411
Distancia desde UE hasta Nodo B conectado (m)	401	401	401
C/I Downlink (dB)	5,40	5,40	5,40
C/I Uplink (dB)	-15,78	-15,78	-15,78
Eb/No Downlink(dB)	30,40	23,18	15,40
Eb/No Uplink (dB)	9,27	2,05	2,05

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Día/Hora	Domingo/11:49	Domingo/11:49	Domingo/11:49
Número de usuarios	10		

Tabla 24. Resultados Centro Plaza II.
Fuente: Autoría Propia.

Estación Base Altamira Norte			
Servicio	Voz	Video Conferencia	Navegación Web
BTSID	330	330	330
Distancia desde UE hasta Nodo B conectado (m)	685	685	685
C/I Downlink (dB)	-1,18	-1,18	-1,18
C/I Uplink (dB)	-10,08	-10,08	-10,08
Eb/No Downlink(dB)	23,81	16,59	8,81
Eb/No Uplink (dB)	13,15	5,93	5,93
Día/Hora	Domingo/12:20	Domingo/12:20	Domingo/12:20
Número de usuarios	3		

Tabla 25. Resultados Altamira Norte.
Fuente: Autoría Propia.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Estación Base Los Palos Grandes Norte			
Servicio	Voz	Video Conferencia	Navegación Web
BTSID	437	437	437
Distancia desde UE hasta Nodo B conectado (m)	318	318	318
C/I Downlink (dB)	-2,39	-0,64	-0,64
C/I Uplink (dB)	-11,33	-11,33	-11,33
Eb/No Downlink(dB)	22,60	15,38	7,60
Eb/No Uplink (dB)	13,66	6,44	6,44
Día/Hora	Domingo/12:01	Domingo/12:01	Domingo/12:01
Número de usuarios	3		

Tabla 26. Resultados Los Palos Grandes Norte.
Fuente: Autoría Propia.

Estación Base Altamira I			
Servicio	Voz	Video Conferencia	Navegación Web
BTSID	23	23	23
Distancia desde UE hasta Nodo B conectado (m)	447	447	447

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

C/I Downlink (dB)	4,08	4,08	4,08
C/I Uplink (dB)	-16,92	-16,92	-16,92
Eb/No Downlink(dB)	29,08	21,86	14,08
Eb/No Uplink (dB)	8,071	0,85	0,85
Día/Hora	Domingo/12:14	Domingo/12:14	Domingo/12:14
Número de usuarios	16		

Tabla 27. Resultados Altamira I.
Fuente: Autoría Propia.

Estación Base Altamira II			
Servicio	Voz	Video Conferencia	Navegación Web
BTSID	120	120	120
Distancia desde UE hasta Nodo B conectado (m)	584	584	584
C/I Downlink (dB)	-0,36	-0,36	-0,36
C/I Uplink (dB)	-13,44	-13,44	-13,44
Eb/No Downlink(dB)	24,63	17,41	9,63
Eb/No Uplink (dB)	11,55	4,33	4,33

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

Día/Hora	Domingo/12:26	Domingo/12:26	Domingo/12:26
Número de usuarios	6		

**Tabla 28. Resultados Altamira II.
Fuente: Autoría Propia.**

Como se puede observar en las tablas anteriores se cuenta con valores de C/I tanto en el *Uplink* como en el *Downlink* los mismos se encuentran dentro del rango aceptable para la recuperación satisfactoria de la señal enviada. En los casos en los que el usuario se encontraba cercano a la estación base, los valores de C/I obtenidos han sido mayores, debido a que se cumple la premisa de mientras más cerca se encuentre el usuario de la estación base, mayor será la potencia de recepción en el equipo. Por otra parte se pudo observar que en el momento en que el usuario se encuentra muy cercano a dos estaciones bases simultáneamente el C/I disminuye.

En el caso de la relación E_b/N_0 los resultados obtenidos se encuentran dentro del margen aceptable para el tipo de servicio ofrecido, es decir cómo se comentó anteriormente son señales recuperables por el equipo móvil.

En el caso del *Uplink*, mientras sea mayor la cantidad de usuarios se encuentren conectados a la estación base, menor será la relación portadora interferencia, disminuyendo proporcionalmente la relación señal a ruido.

Es importante mencionar que luego de realizar las mediciones se pudo observar que el servicio que cuenta con mayor relación E_b/N_0 es el de voz, debido a que la misma cuenta con mayor ganancia de procesamiento.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

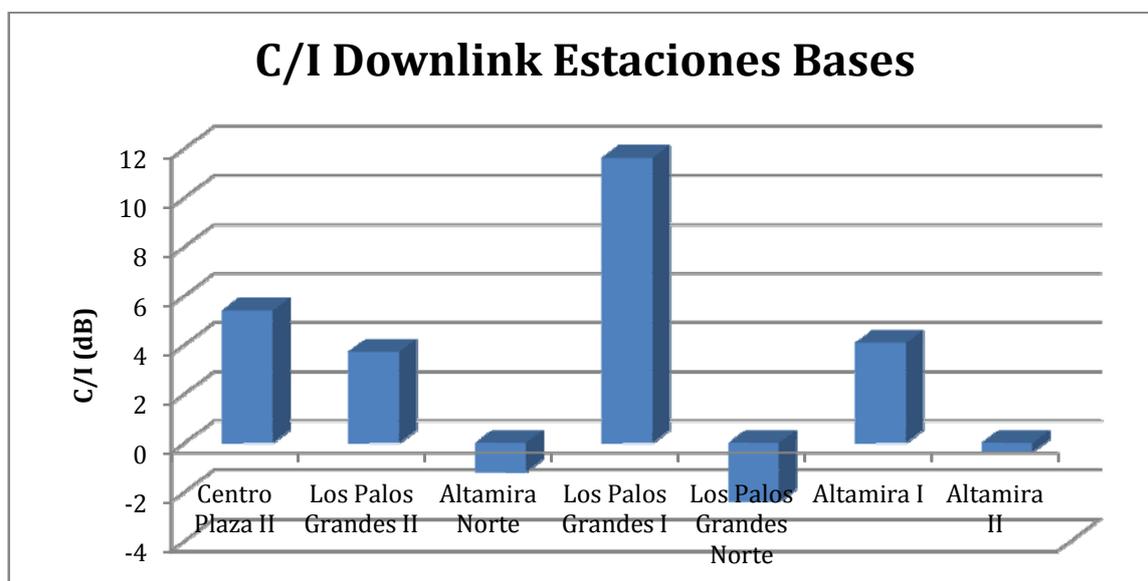


Figura 41.C/I por estación Base.
Fuente: Autoría Propia.

En el anterior gráfico se plasmaron los valores obtenidos del C/I en las estaciones bases, los mismos varían por el factor distancia. Se puede observar que en el caso de Altamira II, Palos Grandes Norte y Altamira Norte se obtuvieron valores bajos con respecto a las otras estaciones bases, esto se debe a que las mediciones se realizaron a una distancia alejada de la estación base. Por otra parte en el caso de los Palos Grandes I se obtuvo un valor elevado debido a que la medición se hizo a una distancia de 269 m de la estación base.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

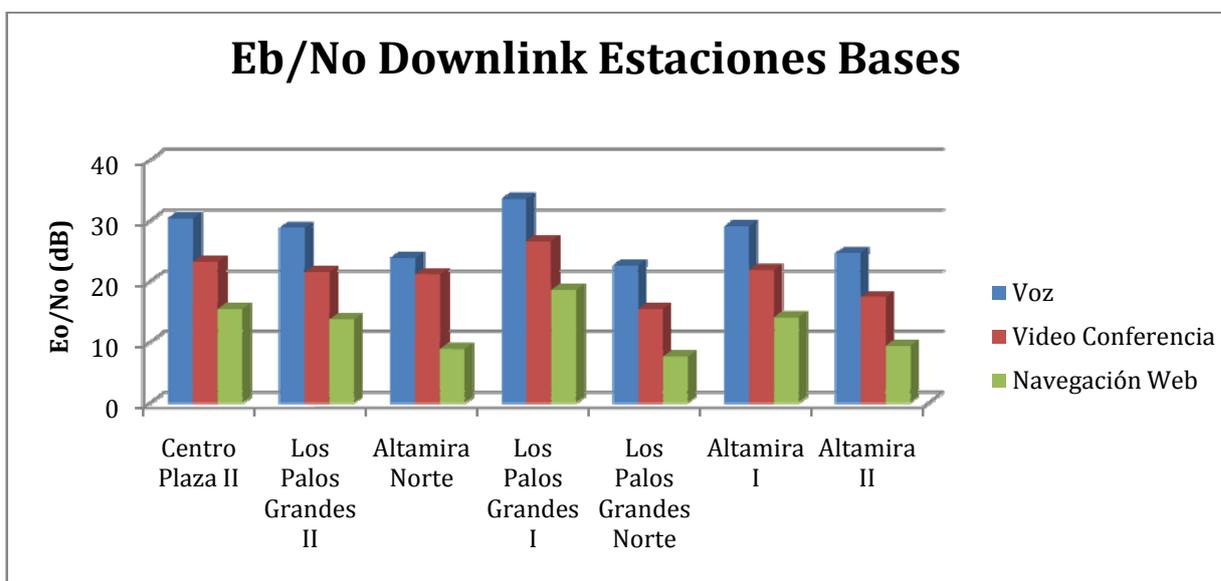


Figura 42. Eb/No Downlink.
Fuente: Autoría Propia.

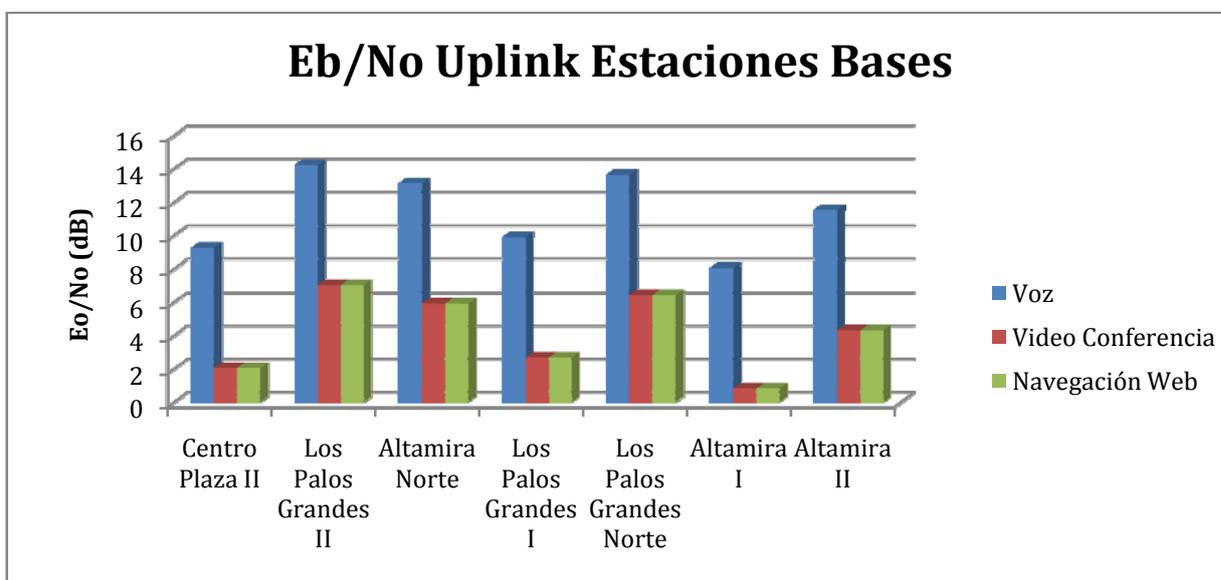


Figura 43. Eb/No Uplink.
Fuente: Autoría Propia.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

En las dos gráficas anteriores se puede observar como el servicio de voz predomina con respecto a los otros servicios en todas las estaciones bases tanto en el *Uplink* como en el *Downlink*, manteniendo el margen de aceptabilidad requerido, por otra parte se observa como la estación base Altamira I posee una mayor cantidad de usuarios por lo que los valores obtenidos en la relación E_b/N_0 se ve afectada por la cantidad de tráfico generado, sin embargo la misma se encuentra por encima del mínimo aceptado.

En la gráfica comparativa del *Uplink* se cuenta con una menor relación E_b/N_0 en el servicio de navegación Web, esto se debe a que la tasa de bits dedicada para este tipo de enlace es menor debido a que el *Uplink* cuenta con un menor uso, la tendencia de los usuarios es a descargar contenido de la red por lo que se le dedica una tasa de bit menor

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Las tecnologías de comunicaciones móviles avanzan a grandes pasos, cada una de ellas contando con distintas ventajas y desventajas que durante la realización del proyecto se pudieron observar. UMTS es la tecnología de comunicación móvil base para los dispositivos de tercera generación (3G) los cuales tienen una presencia predominante en el mercado Venezolano. La mayor limitante de dicha tecnología es la interferencia la cual impide un óptimo desenvolvimiento de la red.

Luego de alcanzar todos los objetivos planteados en este proyecto, se pudieron determinar diversos factores concluyentes sobre la tecnología y el Sistema Operativo involucrado: Android y UMTS.

Android, como plataforma de código abierto permitió desarrollar la aplicación cumpliendo con sus objetivos y metas propuestas desde sus inicios. Se logró aprovechar al máximo las funcionalidades que ofrece dicha plataforma como el sistema de posicionamiento global, *Google Maps*, datos varios relacionados con la conexión a redes 3G, y estas permitieron desarrollar complejos algoritmos de cálculo de la relación portadora interferencia y señal a ruido, posicionamiento en tiempo real del usuario, conexión en tiempo real con las estaciones base involucradas en el estudio. La aplicación logró integrar las funcionalidades antes mencionadas haciendo uso de las capacidades en cuanto a la interfaz gráfica de la plataforma Android, logrando así cumplir el objetivo general del proyecto: Desarrollar una aplicación móvil que calcule la relación portadora interferencia en la zona de los Palos Grandes y Altamira.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

En cuanto a los conceptos de la tecnología UMTS implantados en la aplicación, se pudo determinar que las redes actuales pertenecientes a la misma, cuentan con una buena planificación, dejando al sector de estudio con unos valores de la relación portadora interferencia y relación señal a ruido aceptable en todos los servicios ofrecidos al usuario.

La aplicación representa un gran avance en el ámbito de medición portadora / interferencia en UMTS, ya que actualmente es la única en el mercado oficial de aplicaciones Android (*Google Play*), que ofrece un soporte a los interesados en el área.

Según los datos arrojados por la aplicación se puede decir que si se obtiene un valor aceptable de la relación portadora interferencia en el enlace de subida, se garantiza que el valor de la misma en el Downlink será aceptable y mayor a esta.

En cuanto a las recomendaciones sugeridas durante este proyecto se pueden mencionar las siguientes:

- En líneas futuras se mantienen abiertas las posibilidades de tomar este trabajo como punto de partida, para el posterior desarrollo de la aplicación, realizando modificaciones e implementaciones adicionales o añadiendo diferentes funcionalidades en el ámbito de UMTS.
- Si bien la aplicación solo contó con soporte para las estaciones bases ubicadas en Los Palos Grandes y Altamira, lo establecido en el proyecto se podría expandir a todas las estaciones bases a nivel nacional.
- La plataforma Android cuenta con constantes actualizaciones, por lo que se recomienda de la misma forma ir optimizando la aplicación, a manera de aprovechar las nuevas funcionalidades presentadas, esto permitirá la mejora de rendimiento y eficacia de la misma.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- El soporte para simulación del *Downlink*, podría ser implementado en versiones posteriores de la aplicación.
- La aplicación pudiera usarse no solo con fines educativos, sino también con fines investigativos en la planificación de redes UMTS con los permisos correspondientes por parte de las operadoras.
- Se recomienda el uso de la plataforma Android para este tipo de proyectos, debido a las facilidades y soporte ofrecido para desarrolladores, y por tener la característica de ser un lenguaje de programación abierto, basado en Java.
- El conocimiento del lenguaje de programación Java y el dominio absoluto de UMTS es de suma importancia al momento de realizar un proyecto de este tipo.

Bibliografía

- 3GPP. (2008). *TS 22.101*. 3GPP.
- Ableson, F. (2010). *Android Guía para desarrolladores 1.1*. España: Manning.
- Aguirre, J. (2010). *Estudio y diseño de transmisores y receptores para redes UMTS*. Ecuador: Escuela superior Politécnica del litoral.
- Bateman, A. (2003). *Diseño para el mundo real*. Macombo.
- Blake, R. (2004). *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*. Cengage Learning Editores.
- Crawford, F. (1994). *Volumen 3 de Ondas: Bekeley physics course*. Reverte.
- Díez, R. H. (2009). *Comunicaciones móviles 3G: UMTS*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Fuentes, J. J. (2008). *Sistemas de Radiocomunicaciones Mviles*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Gonzáles, J. L. (2003). *Principios de comunicaciones móviles*. (E. UPC, Ed.) Barcelona.
- Gonzáles, R. D. (2009). *Métodos para el aumento de la capacidad UMTS en Atoll*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Gorricho, M. (2002). *Comunicaciones Móviles*. Barcelona: Edicions UPC.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- Hsiao-Hwa, C. (s.f.). *Next Generation wireless system and network*. Volumen 2.
- Huidobro, J. M. (2006). *Redes y servicios de telecomunicaciones*. (E. Paraninfo, Ed.)
- Khaled, S. K. (2008). *Multi-carrier and spread spectrum system:from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMax*. Wiley and Sons.
- Lopez, J. (2005). *Simulacion de tramas de comunicación para UMTS*. Puebla: Universidad de las Américas .
- MacDonald, F. (2006). *Migración de GSM a UMTS*. Guatemala: Universidad de San Carlos.
- MacDonald, F. J. (2006). *Migracion de GSM A UMTS*. Universidad de San Carlos, Facultad de Ingenieria Guatemala.
- Marquez, C. (2003). *Soft Handover en UMTS*. Madrid: Departamento Teoria de la Señal y Comunicaciones.
- Martí, J. P. (s.f.). *Resumen de Sistemas de comunicaciones*. Buenos Aires: U.T.N .
- Morales, M. (2010). *Gestion de Interferencia en sistemas Femtocelda* . Madrid: Universidad Carlos III.
- Navarro, A. (2005). *Factores que afectan la capacidad en WCDMA y su influencia en la planificación de sistemas de tercera generación*. Colombia: Universidad ICESI.
- Paz, M. A. (2012). *Femtoceldas de UMTS*. Madrid: Universidad Autonoma de Madrid.

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos Grandes y Altamira.

- Sendin, A. (2004). *Fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles*. Mc. Graw Hill.
- Tomásí, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electronicas*. Pearson Educación.
- UIT. (1994). *Recomendación UIT-R S.741-2*. UIT.
- UIT. (1995). *Recomendación UIT-R SF.1193*. UIT.
- UIT. (s.f.). *Recomendación UIT V.573-5*. UIT.
- Valenzuela, J. (2003). *Principios de comunicaciones móviles*. Edicions UPC.
- Zalteta, E. (2004). *Esquema eficiente de administración de la calidad de servicio para el sistema de telecomunicaciones móviles universales*. Cuernavaca: CENIDET.

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia
producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos
Grandes y Altamira.**

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora interferencia
producida en las estaciones base de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los sectores los Palos
Grandes y Altamira.**

Apéndices

Apéndice A: Glosario de Acrónimos

- 3GPP: *Third generation partnertship Project*
- AICH: *Acquisition Indication Channel*
- ARIB: *Asociación de las empresas de Radiodifusión*
- AuC: *Authentication Center*
- BCH: *Broadcast Channel*
- BCCH: *Broadcast Control Channel*
- BRAN: *Broadband Radio Acces*
- BSC: *Base station controller*
- CCCH: *Common Control Channel*
- CD/CA-ICH: *Collision Detection/Channel Assignment Indicator Channel*
- CN : *Core Network*
- CPCH: *Uplink Common Packet Channel*
- CPICH: *Common Pilot Channel*
- CSICH: *CPCH Status Indication Channel*
- CTCH: *Common Traffic Channel*
- DCH: *Dedicated Channel*

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las macroceldas de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los
sectores los Palos Grandes y Altamira**

- DCCH: *Dedicated Control Channel*
- DS-CDMA: *Direct-Sequence Code Division Multiple Access*
- DSCH: *Downlink Shared Channel*
- DPCCCH: *Dedicated Physical Control Channel*
- DPDCH: *Dedicated Physical Data Channel*
- DTCH: *Dedicated Traffic Channel*
- ETSI: *Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones*
- FACH: *Forward Access Channel*
- FBI : *FeedBack Information*
- FDD: *Frequency Division Duplex*
- GSM: *Groupe spécial mobile*
- HLR : *Home Location Register*
- IMSI : *Identidad internacional de suscriptor*
- ISI: *Interferencia Inter-simbólica*
- LMSI: *Identidad local de la estación móvil*
- MSC : *Mobile Switching Center*
- MSISDN: *Número ISDN de la estación móvil internacional*
- OVSF : *Orthogonal Variable Spreading Factor*
- PCCH: *Paging Control Channel*

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las macroceldas de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los
sectores los Palos Grandes y Altamira**

- PCH: *Paging Channel*
- P-CCPCH: *Primary Common Control Physical Channel*
- PCPCH: *Physical Common Packet Channel*
- PICH: *Paging Indication Channel*
- PDSCH: *Physical Downlink Shared Channel*
- PRACH: *Physical Random Access Channel*
- QoS : *Quality of Service*
- QPSK: *Quadrature Phase Shift Keying*
- RACH: *Random Access Channel*
- RNC :*Radio Network Controller*
- SCH: *Synchronisation Channel*
- S-CCPCH: *Secondary Common Control Physical Channel*
- TDD:*Time Division Duplex*
- TFCI : *Transport Format Combination Indication*
- TFI : *Transport Format Indication*
- TIA :*Asociación de Industrias de Telecomunicaciones*
- TMSI: *Identidad temporal de la estación móvil*
- TPC : *Transmit Power Control*
- VLR : *Visitor Location Register*

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las macroceldas de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los
sectores los Palos Grandes y Altamira**

- UE : *Equipo de usuario*
- UMTS :*Universal Mobile Telecommunications System*
- URAN : *UMTS radio Acces Network*
- USRAN : *UMTS Satelite Radio Acces Network*
- UTRAN :*UMTS Terrestrial Radio Access Network*
- WCDMA:*Wideband Code Division Multiple Access*

Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las macroceldas de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los
sectores los Palos Grandes y Altamira

Apéndice B: Hoja Técnica Aplicación

Información General	
Nombre	UMTS INTERFERENCE
Diseño y Desarrollo	Manuel Cadenas-Luis Sciacca
Versión	1.0
Tamaño de la Aplicación	2.42 Mb
O/S	Android
Versión de O/S	Versiones Android superiores a 2.1 hasta 4.0.4
Dispositivos	Móviles, Tabletas
Requerimientos de Hardware	<ul style="list-style-type: none">➤ Red 3G➤ GPS
Lenguaje	Español
Categoría	Utilidades
Tipo	Aplicación
Costo	Gratuito

Apéndice C: Presupuesto de Potencia UMTS UL servicio Voz

Teóricamente

➤ Transmisor

Potencia de transmisión	Body Loss- Ganancia de la antena
21 dBm	2dB

$$EIRP = 21dBm - 2dB = 19 dBm$$

➤ Receptor

Densidad de ruido en la BTS	-168 dBm/Hz
Potencia de ruido RX	-102.2 dBm
Factor de ruido BTS	6dB
Margen de Interferencia	3 dB
Potencia de Interferencia RX	-102.2 dBm
Ruido e Interferencia	-99.2 dBm
Ganancia de Procesamiento	25 dB
Eb/No requerido	5 dB

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las macroceldas de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los
sectores los Palos Grandes y Altamira**

Ganancia Antena	19 dBi
Perdidas por conector	3 dB
Margen de desvanecimiento	4 dB
Margen log Normal	7 dB
Ganancia SHO	3 dB

$$\text{Densidad de ruido en la BTS} = -174 \text{ dB} + 6 \text{ dB} = -168 \text{ dBm/Hz}$$

$$\text{Potencia de ruido RX} = -168 \text{ dBm/Hz} + 10 * \log(3840000) = -102.2 \text{ dBm}$$

$$\text{Potencia de Interferencia RX} = 10 * \left(\log \left(10^{\frac{(-102.2+3)}{10}} \right) - \left(10^{-\frac{102.2}{10}} \right) \right) = -102.2 \text{ dBm}$$

$$\text{Ruido e Interferencia} = 10 * \left(\log \left(10^{\frac{(-102.2)}{10}} \right) + \left(10^{-\frac{102.2}{10}} \right) \right) = -99.2 \text{ dBm}$$

$$\text{Ganancia de Procesamiento} = 10 * \log(3840 \text{ Kc} / 12.2 \text{ Kbps}) = 25 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned} \text{Sensibilidad del Receptor} &= -99.2 \text{ dBm} - 25 \text{ dB} + 5 \text{ dB} - 17 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 4 \text{ dB} \\ &= -129.1 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$\text{Total perdidas en el enlace} = 19 \text{ dBm} - (-129.1 \text{ dBm}) = 148.1 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned} \text{Target perdidas por propagacion} &= 148.1 \text{ dB} - 7 \text{ dB} - 0 + 3 \text{ dB} \\ &= 144.1 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\text{Radio de la celda (Km)} = 10^{((144.1 - 137.4) / 35.2)} = 1.55 \text{ Km}$$

**Desarrollo de una aplicación móvil que permita la medición de la relación portadora
interferencia producida en las macroceldas de telefonía celular bajo la tecnología UMTS en los
sectores los Palos Grandes y Altamira**

Valores Obtenidos mediante el simulador:

Radio de la celda	Sensibilidad del Receptor
1.51 Km	-128.3 dBm

Se puede observar que los valores teóricos y los simulados concuerdan por lo que se puede confirmar el buen funcionamiento del mismo al momento de realizar un balanceo de potencia.