

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA

**“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA
RADIO BASE CELULAR CON TECNOLOGÍA HSPA+ EN LAS
INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE
SANTIAGO DE GUAYAQUIL”**

AUTOR

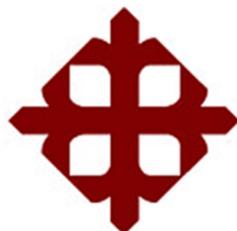
Rodríguez Segura, Henry Alberto

**Trabajo de Graduación previo a la
Obtención del Título de:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

**Guayaquil, Ecuador
2014**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Rodríguez Segura, Henry Alberto**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

TUTOR

Ing. Edwin Fernando Palacios Meléndez

REVISORES

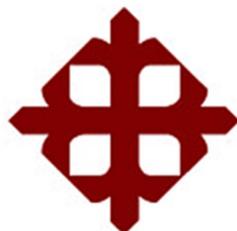
Ing. Miguel Armando Heras Sánchez

Ing. Juan Armando Gonzales Bazán

DIRECTOR DELA CARRERA

Ing. Miguel Armando Heras Sánchez

Guayaquil, a los 29 días del mes de abril del año 2014



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Henry Alberto Rodríguez Segura**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **Propuesta para la implementación de una radio base celular con tecnología HSPA+ en las instalaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil** previa a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 29 días del mes de abril del año 2014

EL AUTOR:

Henry Alberto Rodríguez Segura



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, Henry Alberto Rodríguez Segura

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Propuesta para la implementación de una radio base celular con tecnología HSPA+ en las instalaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 29 del mes de abril del año 2014

EL AUTOR:

Henry Alberto Rodríguez Segura

AGRADECIMIENTO

Considero muy oportuno expresar mi agradecimiento a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil especialmente a la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo por su responsabilidad y alto nivel académico desarrollado en mis años de estudios, de la misma manera mi gratitud a personas que me apoyaron en todo momento de mi carrera, al Ingeniero Armando Heras por las incontables veces que me ayudo como director de carrera, al Ingeniero Manuel Romero por hacer su labor de decano de manera impecable, a la señora Ligia Zambrano y a la señora Alexandra Vélez y un agradecimiento muy especial al Ingeniero Fernando Palacios que más que un profesor y tutor fue un gran amigo que sin el este trabajo no hubiera sido posible.

También me siento en la obligación moral de expresar el agradecimiento a todos quienes hacen la Facultad Técnica para el Desarrollo: Autoridades, Docentes y Personal Administrativo.

Henry Rodríguez Segura

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mi familia. A Dios porque está conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fuerza y sabiduría para continuar.

A mis padres, mis hermanos y mis abuelos, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me ha presentado sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora.

Los amo con mi vida.

Henry Rodríguez Segura

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO 1.....	15
1.1 INTRODUCCIÓN	15
1.2 ANTECEDENTES	16
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 Objetivo General	17
1.4.2 Objetivos Específicos	17
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	18
1.6 HIPÓTESIS	18
CAPÍTULO 2.....	19
2.1 ESTUDIO DEL SISTEMA CELULAR	19
2.1.1 Telefonía celular.....	19
2.1.2 Reúso de frecuencia.....	22
2.1.3 Planes de reúso de frecuencia.....	23
2.1.4 Tamaño de las celdas	26
2.1.5 Sectorización de celdas.....	28
2.1.6 Red celular.....	30
2.1.7 Handover.....	31
2.1.8 Técnicas de acceso múltiple	32
2.1.9 Canales en redes celulares	33
2.2 UMTS.....	33
2.2.1 Versiones 3GPP.....	34
2.2.2 Arquitectura de red UMTS.....	35
2.2.3 Forma de acceso al medio en la UTRAN.....	40
2.2.4 Arquitectura de la red central CN.....	44
2.2.4.1 MSC (<i>Mobile Switching Center</i>).....	44

2.3	HSPA.....	46
2.3.1	Ventajas de HSPA.....	47
2.3.2	Arquitectura de red en HSPA.	48
2.3.3	Estructura de protocolos HSPA.....	49
2.3.4	Calidad de servicio QoS.....	50
2.4	HSDPA.....	51
2.4.1	Canales Físicos HSDPA.....	52
2.4.2	Arquitectura de la red HSDPA.....	54
2.5	HSUPA.....	55
2.5.1	Características de la red HSUPA.	56
2.6	HSPA+	58
2.6.1	Aplicaciones soportadas por HSPA+.....	58
2.6.2	Proceso de acceso a internet.....	59
CAPÍTULO 3.....		61
3.1	EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CELULAR EN EL ECUADOR.....	61
3.1.1	Primera Generación (1G).....	61
3.1.2	Segunda Generación (2G).....	62
3.1.3	Tercera Generación (3G).....	63
3.1.4	Cuarta Generación (4G).....	63
3.2	ANÁLISIS DE USUARIOS CON INTERNET MÓVIL EN EL ECUADOR.....	63
3.3	ANÁLISIS DE OPERADORES.....	64
3.3.1	Migración en la tecnología de Claro (CONECEL).....	64
3.3.2	Migración en la tecnología de Movistar (OTECCEL).....	66
3.3.3	Migración en la tecnología de CNT EP (Ex TELECSA).....	67
3.4	RADIO BASES POR OPERADOR.....	67
3.4.1	Radio bases Claro.....	68
3.4.2	Radio bases Movistar.....	71
3.4.3	Radio bases CNT EP (EX TELECSA).....	75
3.5	ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN UCSG.....	79
3.6	RADIO BASES EN LA UCSG.....	80
3.7	PROPUESTA.....	80

3.7.1 Espectro.....	81
3.7.2 Localización.....	81
3.7.3 Sistema radiante.....	82
3.7.4 Equipos a usar para la propuesta.....	85
CAPÍTULO 4.....	88
4.1 CONCLUSIONES.....	88
4.2 RECOMENDACIONES.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	93

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1: Reúso de canales en arreglos de celdas	21
Figura 2.2: Tráfico según tamaño de células.....	23
Figura 2.3: Ubicación de celdas co-canal en Reúso 3	24
Figura 2.4: Ubicación de celdas co-canal en Reúso 7	25
Figura 2.5: Celdas con factor de reúso universal	25
Figura 2.6: Tamaños de celda con el tráfico soportado.....	28
Figura 2.7: a) Sectorización 120° b) Sectorización 60°	29
Figura 2.8: Interferencia co-canal en celdas sectorizadas	29
Figura 2.9: Tipos de Handover.....	31
Figura 2.10: Arquitectura de red UMTS R'99	36
Figura 2.11: Modelos de SIM	38
Figura 2.12: Arquitectura UTRAN.....	39
Figura 2.13: Código de Canalización y Código Aleatorio.	41
Figura 2.14: Bandas de frecuencias FDD y TDD	43
Figura 2.15: Modo FDD y TDD.....	43
Figura 2.16: Evolución de HSPA.....	46
Figura 2.17: Arquitectura de red HSPA según versión 6.....	48
Figura 2.18: Estructura de protocolos HSPA para transmisión de datos.....	49
Figura 2.19: Uso de los canales en HSPA	53
Figura 2.20: Arquitectura de red HSDPA	55
Figura 2.21: Canales en HSUPA.....	56
Figura 2.22: Acceso a internet por medio de HSPA.....	60

CAPÍTULO 3

Figura 3.1: Migración de Tecnología en CLARO.....	65
Figura 3.2: Migración de Tecnología en Movistar.....	66
Figura 3.3: Número de estructuras para SMA en el Ecuador por operador.	68
Figura 3.4: Cobertura Guayas – CONECEL.....	70
Figura 3.5: Cobertura provincia del Guayas – OTECEL S.A.....	73
Figura 3.6: Cobertura provincia del Guayas – CNT E.P.....	77
Figura 3.7: Distribución radio bases en edificio de cómputo.	81

Figura 3.8: Vista satelital de la UCSG.	82
Figura 3.9: Diagrama de una antena de telefonía móvil digital vista horizontal y vertical.	83
Figura 3.10: Sectorización del campus.	84

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1: Versiones 3GPP.....	35
Tabla 2.2: Espectro asignado para IMT-2000	42

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1: Numero de dispositivos con internet móvil	64
Tabla 3.2: Números de usuarios con diferentes accesos a internet.....	64
Tabla 3.3: Numero mensual radio bases por tecnología y provincia CONECEL S.A.	69
Tabla 3.4: Implementación de tecnología UMTS en el país por Claro.	71
Tabla 3.5: Número mensual radio bases por tecnología y provincia OTECEL S.A.	72
Tabla 3.6: Implementación de tecnología UMTS en el país por Otecel.....	74
Tabla 3.7: Número mensual radio bases por tecnología y provincia CNT E.P.	76
Tabla 3.8: Implementación de tecnología en los últimos dos años por CNT	78
Tabla 3.9: Población UCSG.	79
Tabla 3.10: Distancias facultades al edificio de cómputo	84
Tabla 3.11: Inclinación para sector.....	85
Tabla 3.12: Equipos nodos B.	86

RESUMEN

El presente trabajo explica detalladamente el funcionamiento y los componentes de una red UMTS sobre la cual se implementa HSPA+. Se explica detalladamente su evolución hasta la actualidad y como se está implementando en el País.

Se quiere demostrar además con este trabajo las ventajas de esta red con respecto a las velocidades de transmisión sobre las anteriores tecnologías y el proceso de implementación sobre las redes actuales en el país.

Se realiza un análisis de las radio bases que están en el País, su tecnología y la implementación que estas tienen. Así como también un análisis de las operadoras que dan servicio de SMA (Servicio Móvil Avanzado) en todo el país, comparando su implementación y la evolución de su tecnología desde la de primera generación hasta las de tercera generación.

Se estudia más a fondo la radio bases en la provincia del Guayas y más aun las que están dentro de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil destacando la falta de implementación de una radio base de CNT dentro de las Inmediaciones de la universidad.

ABSTRACT

This paper explains in detail the operation and components of a network UMTS HSPA + spare which are implemented. Its evolution is explained in detail to the present year and how it is implemented in the country.

This job wants to demonstrate the advantages of this network with respect to the transmission rates over previous technologies and the process of implementation of existing networks in the country.

An analysis of the base stations that are in the country, its technology and the implementation is done with these. As well as an analysis of operators of SMA in the entire country, comparing its implementation and the evolution of its technology from the first generation to the third generation.

Radio bases are discussed more fully in the province of Guayas and even those inside of the Catholic University of Santiago de Guayaquil highlighting the lack of implementation of a CNT base station within the proximity of the college.

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN.

El concepto de telefonía móvil está cada vez más arraigado en nuestro medio, no solo en el ámbito profesional, personas de negocios, gente que está relacionada a las comunicaciones, también en este gran grupo se incluyen personas que desean tener a la mano toda la gama de posibilidades que la telefonía móvil puede ofrecer, estudiantes, profesores, personas en general.

El crecimiento de usuarios de teléfonos móviles cada vez está aumentando más, en 1995 el número de usuarios en el mercado mundial era de 90 millones actualmente los usuarios de celulares alrededor del mundo es de alrededor seis mil millones, este dato es revelado según los informes de la compañía Ericsson. La población del planeta tierra es de unos siete mil millones de personas, de este gran número el 60% son usuarios de la red de telefonía móvil (actualidad, 2012).

En el Ecuador en el 2006 se registraron alrededor de 8.4 millones de líneas celular, para el 2010 la cifra subió a 14.6 millones de líneas que comparadas con el número de habitantes en el Ecuador (14.3 millones) se advierte que hay más líneas que habitantes.

Esto genera que si un área geográfica se concentra una gran cantidad de usuarios de teléfonos móviles las celdas que estén cercanas no van a abarcar la demanda de transmisión de datos en un tiempo determinado, lo que sucede en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Este problema afecta de manera directa a la manera en que nos comunicamos, por el simple hecho de que la velocidad de transmisión de los datos baja de manera considerable generando inconformidad en un servicio el cual fue inventado para darnos conectividad continua.

1.2 ANTECEDENTES.

Las operadoras de telefonía móvil mejoran constantemente su red, equipando sus radio bases con equipos más actuales y reemplazando los equipos más antiguos con equipos y tecnologías nuevas que aparecen cada día y que permiten aprovechar el espectro radio eléctrico de mejor manera y más eficientemente, esto conlleva a que la capacidad de la red sea mayor, la cual es aprovechada de mejor manera por los usuarios. Para ampliar la cobertura en un área geográfica y cubrir zonas muertas en donde no hay señal celular, la solución es implementar nuevos nodos a la red que ya existe los cuales van a proveer de servicio a estas zonas en donde la cobertura es escasa.

Dado esto se realizó unos estudios por medio de las operadoras móviles del país, este estudio se realizó años atrás cuando se hizo la red que se maneja en la actualidad, lo cual dado el crecimiento poblacional de la zona en determinados momentos del día genera una falta de cobertura y satura las radio bases cercanas.

Estos estudios se toman como antecedentes para este proyecto de tesis el cual quiere plantear una necesidad para que las operadoras mejoren la comunicación en la zona de que se encuentra la universidad.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

El problema que se genera en la universidad es por saturación de las radio bases que hay en los alrededores, la cual no abastece toda la zona en la que está la universidad, esto sucede por el hecho de que en un determinado momento las personas que están un área determinada quieren acceder a internet y las radio bases no abastece toda esta conexión que se genera dicho espacio, es por esto que se realiza este estudio además que mejora la red y el flujo de datos de la operadora, mejoraría la cobertura y no generaría el malestar que hay en la zona que se encuentra la universidad.

El estudio demuestra que dentro del espacio en el cual se encuentran las instalaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil hay 3 radio base exteriores que pertenecen dos a la operadora CLARO S.A. y uno a la operadora MOVISTAR S.A. las cuales se implementaron por el tráfico que existe dentro de la zona, siendo la única universidad de Guayaquil con esta implementación por parte de estas operadoras, mientras que la operadora estatal CNT E.P. tiene sus radio bases en los alrededores de la universidad no muy cercanas. Movistar y la CNT son las operadoras que más fallas o molestias generan dentro de la UCSG (Universidad Católica de Santiago de Guayaquil), aparte de cursar el tráfico dentro de la universidad, tengan que cursar el tráfico de datos generado por los usuarios que están fuera del área que comprende la universidad, esta solución que implementan estas 2 empresas no es suficiente para la demanda que se genera dentro de esta área geográfica y a una hora determinada.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.

Realizar un estudio que para determinar la factibilidad de una propuesta para la instalación de una radio base celular dentro de las inmediaciones Universidad Católica de Santiago de Guayaquil para mejorar la cobertura dentro de las instalaciones de la misma.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Dar a conocer que existe un problema de conectividad dentro de las instalaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Estudiar la tecnología HSPA+ la cual se podría implementar dentro de la universidad.
- Analizar los beneficios que traería esta tecnología a las personas que delimiten el campus.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

Con este estudio se desea demostrar la falta de una mejora en cuanto a la implementación de las redes de las operadoras que dan servicio de servicio móvil avanzado en el país, principalmente en la provincia del Guayas, en la ciudad de Guayaquil, en la zona de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Este trabajo de investigación pretende aportar de manera positiva a la zona que delimita la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, dando a conocer una tecnología que mejoraría considerablemente ciertos problemas de velocidad tanto de subida de datos como de bajada, además de abarcar el tráfico que genera esta zona.

1.6 HIPÓTESIS.

La primera hipótesis que se plantea es que con la construcción de una radio base dentro de la universidad se mejore la conectividad y el acceso a datos, se puede considerar tener las antenas de las 3 operadoras dentro de una misma área, solución que se aplica en otras partes del mundo.

La segunda hipótesis es el uso de la tecnología HSPA+ la cual se está aplicando en las redes de las operadoras de servicio móvil avanzado. Esta tecnología mejora la velocidad de transmisión en todo sentido, considerándose una tecnología de cuarta generación, pudiendo expandirse después a una tecnología que va a dar mejoras aún mayores que HSPA+ la cual es LTE (Long Term Evolution).

CAPÍTULO 2

2.1 ESTUDIO DEL SISTEMA CELULAR.

2.1.1 Telefonía celular.

Definimos telefonía móvil como aquel sistema de transmisión el en cual el usuario dispone de un terminal que no es fijo, esto quiero decir que no posee cables, que le permite así, gran movilidad y localización en la zona geográfica donde se encuentre la red, esto permite que el usuario que se encuentre con el terminal móvil puede estar comunicado en todo momento. La telefonía celular surge por la limitación del ancho de banda que disponen los servicios de telefonía móvil, el cual está dado por organismos internacionales y de control de los mismos países, por las concesiones otorgadas por la administración a los operadores (Fernández Salmerón, 2010).

En el caso del Ecuador organismos de control como los son la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) y el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), los cuales aparte de controlar a las operadoras emiten leyes para lo que se refiere a implementación de nuevas tecnologías y el espectro de frecuencias que deberían usar. Esto genera que el número de canales disponibles para establecer comunicaciones de voz sea limitado, en la práctica esto se traduce a que las radio base pueden enrutar un número limitado de llamadas en un tiempo específico. Si todo esto lo explicamos en un caso muy sencillo; vamos a ubicarnos en un ciudad y en esta ciudad quisiéramos instalar una sola estación base en el edificio más alto de la misma, y desde este punto tratar de enrutar todas las llamadas de los usuario de telefonía móvil de esta ciudad (Fernández Salmerón, 2010).

Llevando este ejemplo a la práctica surgirían mucho problemas, pero habría uno que sería imposible de resolver: en una ciudad existen varios de centenares de miles de móviles, de esta cantidad de móviles supongamos que varios miles puedan estar estableciendo una comunicación en un momento

determinado, esto generaría que la radio base no abastezca a toda la demanda de conectividad en un determinado momento. Para poder dar un buen servicio a todos sería necesaria una gran cantidad, miles de canales de voz al mismo tiempo, esto teóricamente es imposible y para poder dar una solución muy viable se realizaron muchas investigaciones, llegando a la más relevante y la que se implementó mundialmente es la telefonía celular (Fernández Salmerón, 2010).

En el ejemplo citado anteriormente se concluye que un solo repetidor no es suficiente para abastecer toda la demanda en la ciudad, la solución al problema sería sectorizar el área en la que hace falta señal estos sectores son llamados células, es de aquí que viene el nombre de “telefonía celular”, en cada celda se colocaría un repetidor de señal de menor potencia, esto significaría que deberíamos ubicar un gran número de pequeñas estaciones base por cada celda. Al existir un conjunto de canales los repetidores usan los canales que estén disponibles para dar el servicio necesario en la zona donde está ubicado, dicho de otra manera que el usuario entre a esa célula. En la célula continua se hace uso de otro conjunto de canales que no fueron usados por la primera célula, de esta manera se evitan interferencias y así se repite el proceso hasta llegar a una célula en la que ya no tendríamos canales de voz disponibles. Hay que tomar en cuenta que esta célula tendrá una localización bien alejada de la primera célula instalada, de esta manera al estar alejada se puede hacer uso de los canales ya usados en la primera célula, explicado de otra manera los canales de la primera celda no se van a repetir hasta que se hayan ocupado todos los canales en un grupo de celdas (Fernández Salmerón, 2010).

En la figura 2.1 se puede explicar con más detalle el reuso de los canales, si tenemos C canales disponibles para nuestra comunicación y el reuso de frecuencia es N , refiriéndonos de igual manera al arreglo de celdas o cluster, entonces cada celda tendrá: $K = C/N_{\text{canales}}$. En la Figura 2.1 la capacidad total de este arreglo es de $4 * 20 = 80$ canales, debido a que existen

4 clusters. El factor de reuso de frecuencia va a estar dado por $N=4$ debido a que cada cluster posee 4 celdas, si por ejemplo tuviéramos más celdas en el cluster el factor de reuso aumentaría. Si en total se disponen de $C = 20$ canales para cada cluster entonces a cada celda le corresponden $20/4 = 5$ canales.

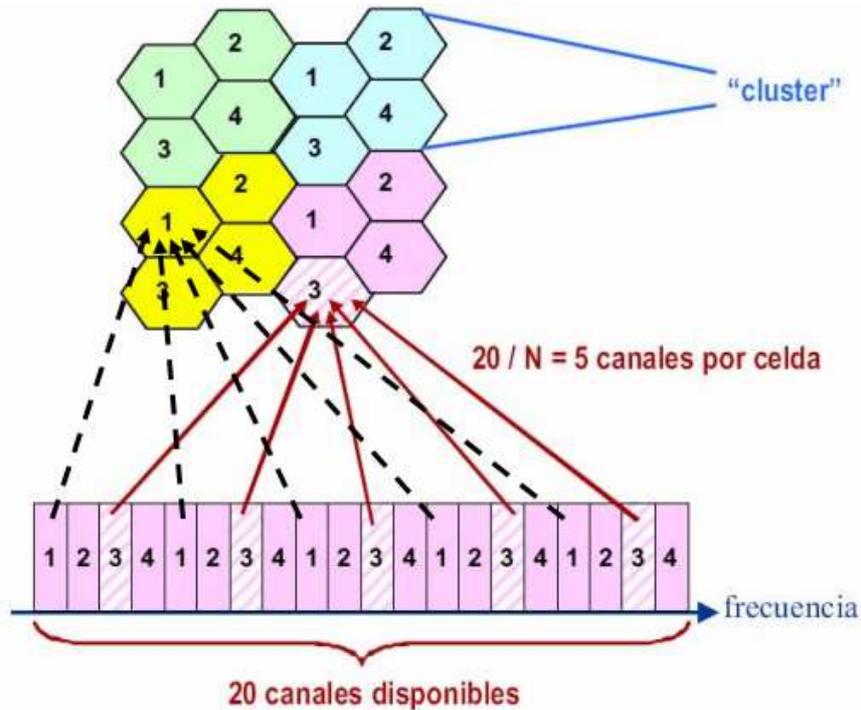


Figura 2.1: Reuso de canales en arreglos de celdas
Fuente: Marcano Diógenes (2010)

En el arreglo mostrado en la Figura 2.1 las celdas que usan mismos canales deben estar separada una distancia para evitar interferencias co-canal. Como las células comparten mismos canales y al estar alejada se llaman células co-canal y las células que están cercanas y hacen uso de canales diferentes se las denomina células adyacentes (Marcano, 2010).

Este concepto de lo que telefonía celular es muy simplificado a lo que es la telefonía celular actualmente, no se consideraron muchos de los problemas que podrían aparecer al momento de diseñar realizar una red celular, pero lo que se puede recalcar es que en todas las redes de telefonía celular se emplea la división de un territorio en celdas y el reuso de la frecuencia (Fernández Salmerón, 2010).

Es por esto que las operadoras de telefonía celular extienden antenas por todo el territorio donde quieren dar señal, estas antenas suelen ser pequeñas y son conocidas como estaciones base o radio base, estas determinan la cantidad de cobertura dependiendo de cuantas estaciones base sean desplegadas en un área geográfica. La tecnología usada en un despliegue de estaciones base para una red es un factor muy importante, dado que esto determina la distancia entre las estaciones base que se van usar, un ejemplo de esto y comprando UMTS con GSM, las redes desplegadas con UMTS hacen uso de una mayor cantidad de estaciones base que las redes GSM, además de estos las estaciones UMTS son más pequeñas que las GSM este es otro factor de porque se despliega un mayor número de estaciones base (Fernández Salmerón, 2010).

2.1.2 Reúso de frecuencia.

El término de reúso de frecuencia se refiere al uso de la misma frecuencia portadora por una radio base para cubrir un área determinada, pero separada lo suficiente como para evitar interferencias co-canal, esto quiere decir interferencia en las radio base que compartan mismo canal. Los arreglos de celdas o células que permiten de forma ininterrumpida la cobertura de una determinada área son las configuraciones a modo de panal de abejas en 4; 7; 12 o 21 celdas, siendo el arreglo de 7 el más común (Figuroa de la Cruz, 2008). El número total de los canales por célula está directamente unido a la capacidad de manejo de tráfico, demostrado en el ejemplo de la ciudad, y depende del número total de canales disponibles y del tipo de plan, se describe la fórmula de la siguiente forma:

$$n^{\circ} \text{ de canales por celula} = n^{\circ} \text{ total de canales} / \text{plan}(4; 7; 12; 31)$$

Cuantas más pequeñas sean las células, mayor serán el número de operaciones intracelulares del sistema, al poder asignar conjuntos de

frecuencias diferentes para áreas o células distintas(Figueroa de la Cruz, 2008).

Las células de menor tamaño cursan más tráfico que las celdas que tienen un tamaño mayor dado que estas están en mayor cantidad dentro de áreas urbanas de alto tráfico, como se muestra en la Figura 2.2.

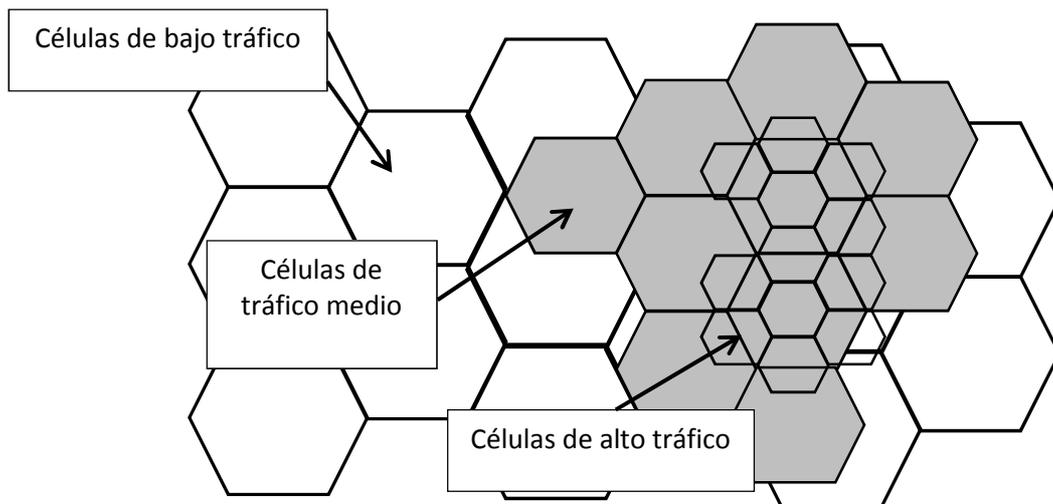


Figura 2.2: Tráfico según tamaño de células.
Fuente: Figueroa de la Cruz 2008

2.1.3 Planes de reuso de frecuencia.

En lo que es el reuso de frecuencias se usan diferentes planificaciones para ocupar de mejor manera el espectro radioeléctrico, dar un mejor servicio y dar cobertura a toda una zona geográfica. Si el plan de frecuencia está bien implementado la cobertura podría abarcar a toda una nación (Figueroa de la Cruz, 2008). Entre los planes de frecuencia más usados tenemos:

- Reuso de 7.
- Reuso de 3.
- Reuso Universal.

2.1.3.1 Reuso de 3 y 7.

Estos factores de reuso están definidos por el número de celdas en el cual se divide el canal para el reuso de estos en clusters continuos.

En el Reúso 3 se hacen clusters de 3 celdas y por ende se divide el canal para 3y así se obtiene el número de canales para esas 3 celdas. El mismo concepto es aplicado para el Reúso 7 pero esta vez hacen clusters de 7 celdas y se divide el canal para 7. Para poder determinar donde se encuentran las celdas con canales iguales en un grupo de clusters se utilizan 2 números enteros i y j en donde $i \geq j$, estos los llamaremos parámetros de desplazamiento. Tomando una celda como referencia, en este caso, se cuentan i celdas a lo largo de la cadena de hexágonos partiendo de uno de los lados de la celda referencia, luego se gira en contra de las agujas del reloj 60° y se cuentan j celdas más. La celda referencia y esta última son celdas co-canal (Moya Corrales, 2011). Como se observa en la Figura 2.3 se usa el reúso 3 y se muestra la ubicación de celdas co-canal en base a los parámetros de desplazamiento.

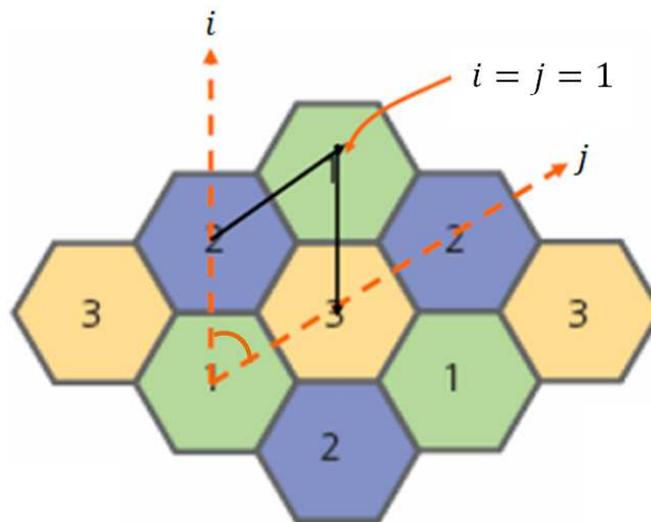


Figura 2.3: Ubicación de celdas co-canal en Reúso 3
Fuente: Diógenes Marciano (2010) (Marciano, 2010)

Para el Reúso 7 se usa el mismo concepto de parámetros de desplazamiento mostrado en la Figura 2.3 pero con diferentes valores como se muestra en la Figura 2.4.

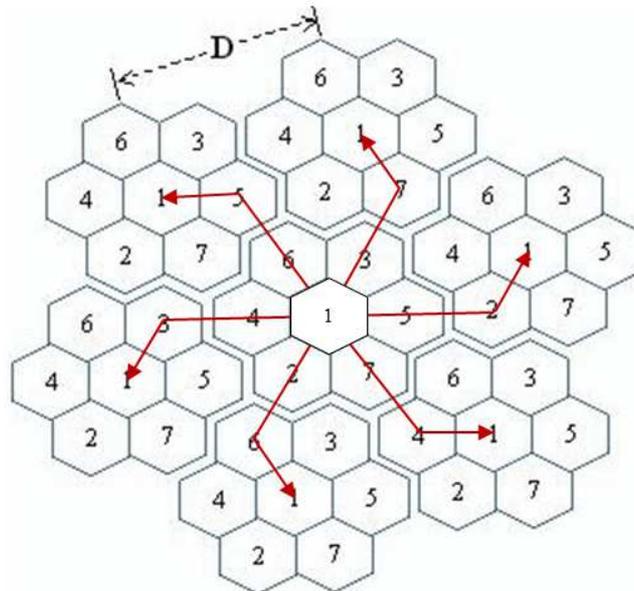


Figura 2.4: Ubicación de celdas co-canal en Reúso 7
Fuente: El Autor

2.1.3.2 Reúso Universal.

Este reúso utiliza códigos para comunicarse con los equipos de los usuarios, esta manera cada radio base no interfieren en frecuencia o en canales con la radio base cercana, por el hecho de usar códigos (ver Figura 2.5)

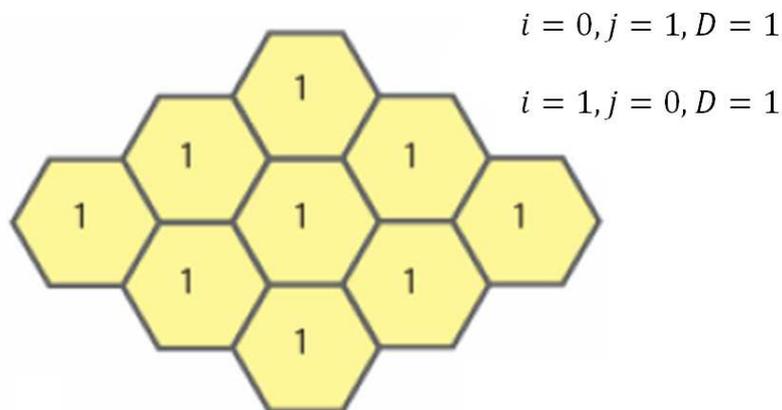


Figura 2.5: Celdas con factor de reúso universal
Fuente: Diógenes Marcano (2010) (Marcano, 2010)

El reúso universal de frecuencias permite aprovechar mejor el espectro radioeléctrico y hace innecesario diseñar un plan de asignación de frecuencias en la red. No obstante las células se ven afectadas porque la interferencia entre ellas aumenta, lo que hace necesario el uso de equipos específicos para hacer

uso de este reuso. Las tecnologías que usan reuso universal son: WiMAX, EVDO y UMTS (Figueroa de la Cruz, 2008).

2.1.4 Tamaño de las celdas.

Las células varían su tamaño según el área física donde vayan a estar ubicadas, además de esto se toman en cuenta diferentes aspectos como el tamaño de la población, la demanda y tráfico a cursar en el área que se encuentre (urbana o rural). El área que puede cubrir una celda puede variar desde áreas mayores a 35 kilómetros hasta menores de 50 metros (Figueroa de la Cruz, 2008).

El tamaño de las celdas no es fijo, es por esto que se utiliza la forma hexagonal para poder definir la zona de cobertura en un área determinada, es por esto que se definen los siguientes tipos de celdas:

- Mega celdas
- Macro celdas
- Micro celdas
- Pico celdas

2.1.4.1 Mega Celdas.

Como su nombre lo indica son celdas las cuales abarcan una amplia área de cobertura mayor a los 35 Km llegando inclusive hasta más de los 50 km, estas celdas fueron diseñadas para estar ubicadas en áreas de poco tráfico o de tráfico ocasional, generalmente se las ubica en áreas rurales o carreteras para cubrir una gran extensión de tierra con una sola radio base (Figueroa de la Cruz, 2008). Algunas megas celdas son también llamadas celdas globales, tienen radios desde 100 hasta 500 km y hacen el uso de satélites no geoestacionarios para alcanzar estas distancias y poder dar cobertura.

2.1.4.2 Macro Celdas.

Estas celdas abarcan un rango de cobertura igual de alto que la primera celda mencionada, de 1 a 35 km, estas celdas están diseñadas y varían su tamaño con respecto al tráfico de la región donde está ubicada. Se han establecido en ambientes urbanos poco densos, así como en ambientes rurales con buena cantidad de tráfico. Estas proveen de servicio outdoor, es decir, ambientes exteriores y vehiculares. No obstante para ambientes urbanos en donde el tráfico es muy alto, las macro celdas no abastecerían la demanda(Figueroa de la Cruz, 2008).

2.1.4.3 Micro Celdas.

Este tipo de celda abarca áreas de cobertura hasta de 1 km, a diferencia de las celdas anteriores este tipo de celda puede soportar tráficos urbanos intensos sea indoor o outdoor (interior o exterior respectivamente). Estas celdas cuando son ubicadas se hace con anterioridad un estudio de la población y la cantidad de demanda que deben cubrir, así como también estudios probabilísticos, estadísticos y planificación celular para poder lograr un buen plan de reuso de frecuencia (Figueroa de la Cruz, 2008).

2.1.4.4 Pico Celdas.

Estas celdas fueron diseñadas para abarcar tráficos urbanos intensos como en los centros de las ciudades o sitios donde el tráfico sea muy intenso. Se manejan también en ambientes indoor y su área de cobertura puede alcanzar menos de 50 metros (Figueroa de la Cruz, 2008).

En la figura 2.6 se muestra una recopilación de las distancias que pueden abarcar las celdas nombradas.

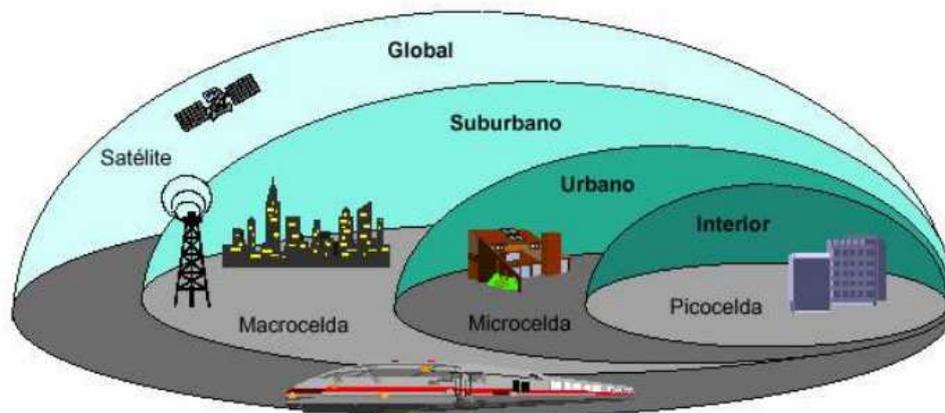


Figura 2.6: Tamaños de celda con el tráfico soportado.
Fuente: Diógenes Marcano (2010).

2.1.5 Sectorización de celdas.

Esta es otra técnica usada para poder mejorar el reuso frecuencias en ambientes de mucho tráfico. La técnica de sectorización consiste en dividir la celda en sectores, para esta técnica se usan antenas direccionales las cuales van a proveer de señales en el sector en el que esta direccionada la antena. El direccionamiento se hace en base a un determinado rango de grados según la sectorización (Figueroa de la Cruz, 2008).

Los parámetros para la sectorización son:

- Tres antenas en el sitio de la celda.
- Las antenas son direccionadas.
- Cada antena cubre un sector de 120° o 60° .
- Para cada sector se asigna canales de voz y un canal de control por sector.

La sectorización más utilizada es la 120° más que la de 60° dado que el número de operaciones intracelulares aumentan, pero la capacidad del sistema aumenta usando sectorización de 60° (Figueroa de la Cruz, 2008).

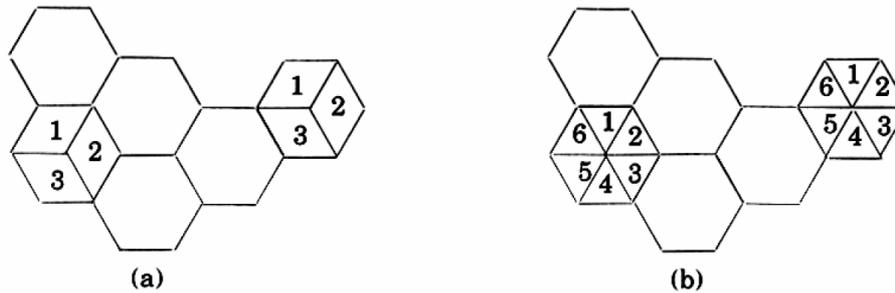


Figura 2.7: a) Sectorización 120° b) Sectorización 60°
Fuente: Bernal (2005)

En la Figura 2.7 se puede ver la sectorización de 120° y 60° en diferentes celdas de un cluster, esto no afecta al resto del sistema. Usando antenas direccionales, una celda dada recibirá interferencia de solo una fracción de las celdas co-canal. El factor en el que se reduce la interferencia co-canal depende de la cantidad de sectorización utilizada (Bernal, 2005). Poniendo un ejemplo para explicar la reducción de la interferencia co-canal, podríamos suponer que tenemos un área geográfica dividida en muchos clusters de 7 celdas, en todos los clusters vamos a sectorizar la celda central en 120° como se muestra en la Figura 2.8, esta sectorización reduciría la interferencia co-canal de 6 a 2 ya que solo la celda de color amarillo se vería afectada por las celdas en color azul y café, si no estuviera sectorizada recibiría la interferencia de todas las 6 celdas en el arreglo de clusters mostrado (Bernal, 2005).

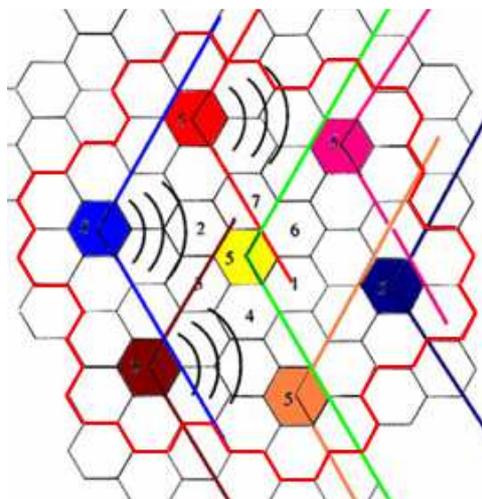


Figura 2.8: Interferencia co-canal en celdas sectorizadas
Fuente: El Autor

2.1.6 Red celular.

Una red celular está basada en la conexión de los terminales móviles a través de una serie de estaciones base repartidas en un área geográfica, estas permiten la enrutar llamadas entre teléfonos móviles, conectar con algún abonado de telefonía fija, así como tener conectados a los usuarios en la internet (Figuroa de la Cruz, 2008).

Los elementos principales de una red celular básica son:

- Centro de Conmutación Electrónica (MTSO, MTX O MSC).
- Las Estaciones Base (BTS).
- Unidades Móviles o Equipos de Usuario (UE).

2.1.6.1 Centro de Conmutación Electrónica (MSC).

Es el corazón del sistema de radio celular, es el que lleva a cabo las funciones de control y administración. Cumple diferentes funciones en una red de telefonía celular:

- Administra y controla el equipo y las conexiones de las estaciones base.
- Soporta varias técnicas de acceso.
- Proporciona la interfaz con la PSTN (Public Switched Telephone Network).
- Soporta conexión entre sistemas.
- Se encarga de la facturación de llamadas y servicios(Figuroa de la Cruz, 2008).
- Incorpora estándares de la industria tal como se define por el ETSI, ITU, GSM, 3GPP y 3GPP2 y otros organismos de normalización.

Las MSC tienden a adaptarse al servicio que se quiere dar, lo único que se hace en la actualidad es cambiar los equipos y el sistema sigue funcional (Figuroa de la Cruz, 2008).

2.1.6.2 Estaciones base (BTS).

Las estaciones base o repetidoras, son las que proveen la conexión entre el MSC y las unidades móviles. También son conocidas como celdas, las cuales ya han sido mencionadas en capítulos anteriores. Están compuestas de: una unidad de control, gabinetes de radio, antenas, una planta de alimentación de poder y terminales de datos. Además controla los usuarios en la célula (Figuroa de la Cruz, 2008).

2.1.6.3 Unidades Móviles (UE).

Las unidades móviles no más que los teléfonos celulares, los cuales constan de un transceptor de radio, la unidad lógica, la unidad de control y la antena (Figuroa de la Cruz, 2008).

2.1.7 Handover.

El handover o el handoff es el proceso por medio del cual dos estaciones base intercambian la prestación de servicios a un usuario, esto se da cuando el usuario realiza una llamada, se conecta a una radio base cercana y mientras está en movimiento la persona el proceso de handover hace que la persona se conecte automáticamente a la radio base más cercana para que no pierda la comunicación. Actualmente se usan 3 tipos de handover que son hard handover, soft handover y softer handover (Figuroa de la Cruz, 2008).

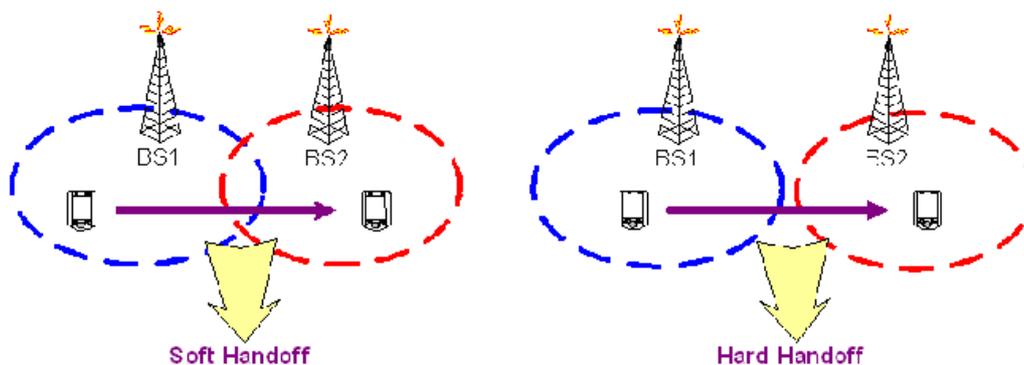


Figura 2.9: Tipos de Handover.
Fuente: Bernal (2005).

Explicando los tipos de handover de una manera más específica vamos a tomar en cuenta la Figura 2.9 se puede decir que en soft handover al igual

que en el softer handover un UE se conecta a 2 BTS de manera simultánea pero en diferentes canales así cuando el móvil pasa a la siguiente BTS la comunicación no se corta en ningún momento y el proceso se repite mientras el usuario este en movimiento. Mientras que en el hard handover el usuario está conectado a una sola BTS y cuando pasa a otra BTS el UE se desconecta de la anterior BTS y se conecta a la siguiente, la conexión entra en los rangos de los milisegundos y el usuario no nota la desconexión. El soft y softer handover son muy usados en las redes 3G.

2.1.8 Técnicas de acceso múltiple.

Existen varias técnicas para permitir que los usuarios y los equipos de los usuarios se comuniquen compartiendo el mismo medio a estas se las llama técnicas de acceso múltiple, los cuales son:

- CDMA por código.
- FDMA por frecuencia.
- TDMA por tiempo.

Cada una de estas técnicas de acceso han sido implementadas en la evolución de los sistemas de telefonía móvil(Figueroa de la Cruz, 2008).

La técnica FDMA divide el espectro en frecuencia y cada usuario usa una portadora diferente para comunicarse con la estación base durante todo el tiempo, esta técnica se usó en las redes 1G (redes de primera generación).La técnica TDMA divide cada portadora de frecuencia en diferentes ranuras de tiempo, cada una de las cuales utiliza un usuario para acceder a la estación base, esta técnica fue empleada principalmente en las redes 2G (redes de segunda generación). La técnica CDMA usa la misma portadora de frecuencia durante todo el tiempo y para todos los usuarios. Estos codifican su señal mediante un código único, de modo que es posible discernir más tarde cada una de las señales por separado, a pesar de que comparten el mismo espectro de frecuencias. Esta técnica es usa en las redes 3G (Figueroa de la Cruz, 2008).

2.1.9 Canales en redes celulares.

Los canales son los medios por los cuales se transmite la información entre la radio base y la unidad móvil, en otras palabras como se comunican las radio bases con el usuario, estos también controlan la forma en que la información es enviada además de la información de control y de la señalización para establecer una conversación o transmisión de datos estable. Los canales en las redes celulares los podemos clasificar en 2 grupos: los canales lógicos y los canales físicos (Figuroa de la Cruz, 2008).

2.1.9.1 Canales Físicos.

Los canales físicos son los que sirven de enlace en la capa física, en síntesis son los canales de radio y están caracterizados por una técnica de modulación por un nivel de potencia y por una o varias de las siguientes características: ranura de tiempo, código, frecuencia y según la técnica de acceso utilizada (Figuroa de la Cruz, 2008).

2.1.9.2 Canales Lógicos.

Los canales lógicos pueden ser usado para enlazar la capa física con los datos dentro de la red. Los canales lógicos transmiten datos de los usuarios, aparte de proporcionar el control de la red (Figuroa de la Cruz, 2008).

2.2 UMTS.

UMTS cuyas siglas en español significan Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles manejan un conjunto de servicios contenidos en una sola tecnología. Debido a que las redes que manejan HSPA y HSPA+ se implementan sobre arquitecturas de red basadas en UMTS que son las redes 3G, debemos explicar el funcionamiento y arquitectura de una red UMTS así como también su diseño e implementación.

UMTS (Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles), es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación de la UIT. La arquitectura de red 3G UMTS fue implementada en el R'99 (Versión 99), la cual fue aprobada en el año 2000, el objetivo era de dar pauta para que las redes GSM y GPRS pudieran migrar de manera más fácil y rápida hacia UMTS.

Las redes 3G debían implementar nuevos elementos en la red de radio para poder dar los servicios que ofrecían y que los usuarios esperaban, así como también en la red central debido a que se había diseñado una nueva interfaz aérea para el enlace de subida y de bajada. Esto significaba que algunos de los elementos implementados en las redes 2G sean cambiadas o adecuadas de manera diferente aprovechando así la infraestructura física (Ortiz Morillo, 2010).

2.2.1 Versiones 3GPP.

La Tabla 2.1 tiene como función explicar las diferentes implementaciones de las versiones de 3GPP así como sus características más notables y su año de aparición, como podemos ver en el año 2000 se implementa la primera red UMTS en el mundo avanzando hasta el más reciente en el 2012, siendo la versión 7 en el año 2007 la implementación de más relevancia, por las mejoras notables en fallas que habían existido en las anteriores versiones.

Tabla 2.1: Versiones 3GPP.

Versión o Release	Presentación	Características
Fase 1	1992	Aparecen Características de GSM.
Fase 2	1995	Sistema GSM y se añade códec EFR.
Versión 96	1997	Se dan más características del sistema GSM y se añade más ancho de banda para el usuario, 14.4 kbit/s.
Versión 97	1998	Aparece de GPRS.
Versión 98	1999	Se mejoran características de GSM, aparición del AMR, EDGE y GPRS per PCS1900.
Versión 99	2000	Aparición de la primera red de tercera generación UMTS, incorporando una nueva interfaz de aire CDMA.
Versión 4	2001	Añadía red de núcleo all-IP o red todo IP.
Versión 5	2002	Se Introdujo el IMS y el HSDPA.
Versión 6	2004	Integración de redes LAN y W-LAN y se estaba añadiendo HSUPA.
Versión 7	2007	Esta mejora se centra en bajar la latencia, mejorar el QoS y además el uso mejorado de aplicaciones en tiempo real. Lo más destacado de toda esta versión es el desarrollo de la red HSPA+, la mejora de EDGE que es EDGE Evolution y protocolos de las SIM.
Versión 8	2008	Aparecen las redes LTE y SAE que es todo IP. Junto con esto parecen interfaces de radio nuevas OFDMA, FDE y MIMO, las cuales no son compatibles con CDMA.
Versión 9	2009	Se realizan mejoras en la red SAE, así como también aparece WIMAX, se analiza la compatibilidad de las redes UMTS y LTE. La investigación de Dual-Cell HSDPA con MIMO sigue realizándose, y sale Dual-Cell HSUPA.
Versión 10	2011	Lanzamiento de LTE-Advanced el cual cumple con los requisitos de la IMT Advanced 4G. Esta especificación tendrá compatibilidad con LTE de versiones anteriores.
Versión 11	Previsto para 2014	Se realiza interconexión de los servicios avanzados por medio de IP. Se emplea una interconexión en la capa de servicio para interconectar operadores nacionales, internaciones y además los de aplicaciones.

Fuente: CINTEL actualizado por autor

2.2.2 Arquitectura de red UMTS.

La Arquitectura de red aplicada en UMTS tienes 2 arquitecturas, la primera en la cual se definió su aparición que fue en al año 2000 en la versión 99 (R'99) en la que se definieron sus características principales, y la segunda

que fue la del siguiente año en la cual se implementaron ciertas mejoras a la red.

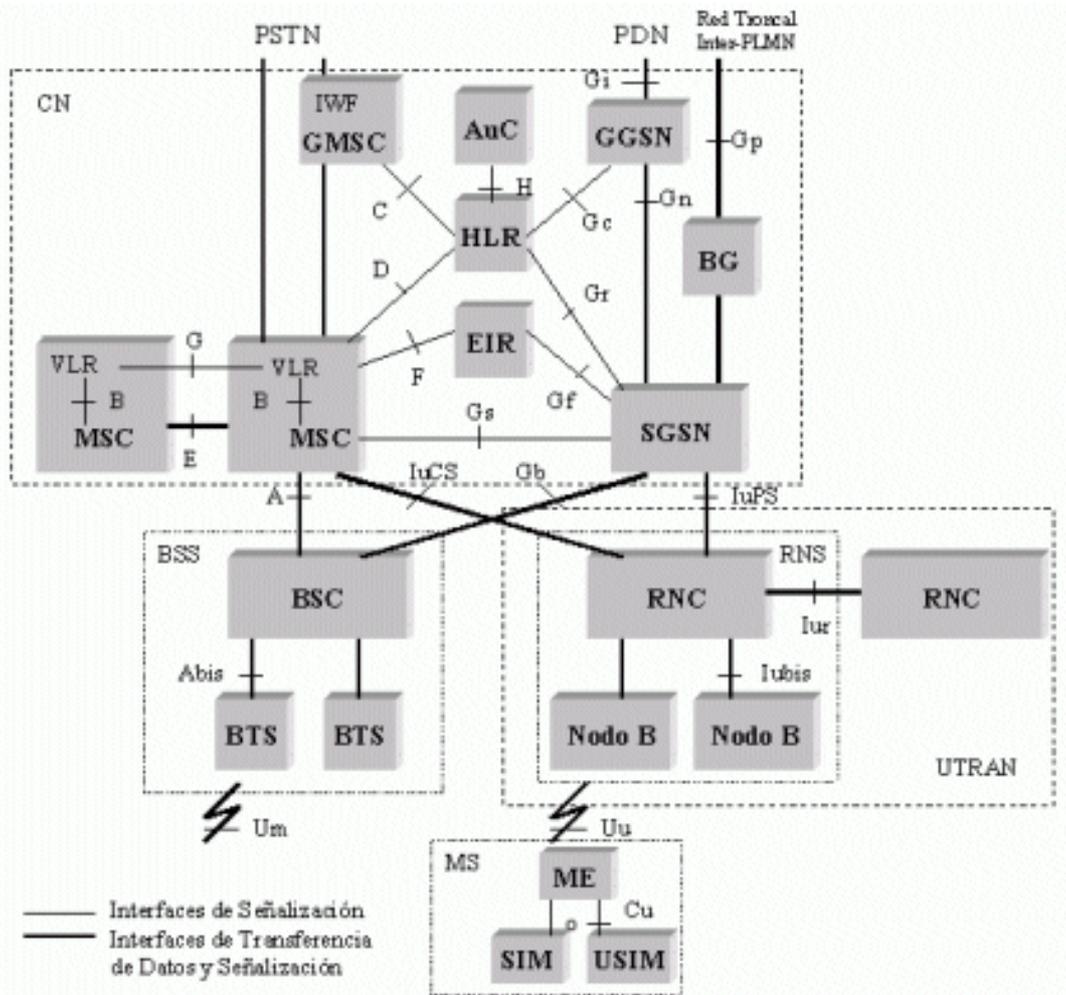


Figura 2.10: Arquitectura de red UMTS R'99
Fuente: umtsforum.net

La arquitectura de una red UMTS es compuesta por:

- UE (User Equipment, en español Equipos de Usuario).
- UTRAN (Red de Acceso de Radio Terrestre para UMTS cuyas siglas en inglés son UMTS Terrestrial Radio Access Network).
- CN (Core Network, en español Red Principal).

Siendo UTRAN y CN la columna vertebral del sistema. Así mismo la red UMTS consiste en 2 dominios de red:

- El de circuito conmutado (CS) que se sustenta en los MSC.

- El de paquete conmutado (PS) que se sustenta en lo GSN (GPRS Support Nodes, en español Nodos de soporte GPRS).

La primera se encarga del tráfico de voz mientras que la segunda de toda la transmisión de datos basadas en IP (Internet Protocol, o en español Protocolo de Internet)(Figueroa de la Cruz, 2008).En la Figura 2.10 se puede observar lo que es la arquitectura de red UMTS con los elementos principales, el CN y UTRAN que representan la parte principal del sistema UMTS(Ortiz Morillo, 2010).

2.2.2.1 Arquitectura UTRAN.

La arquitectura de UTRAN como su nombre lo indica Red de Acceso de Radio Terrestre (TRAN) es el que se encarga de la movilidad a nivel de célula, consiste en un subsistema de radio el cual se conecta con la red central su función principal, también llamado RNS (Radio Network Subsystem). El RNS puede desempeñar algunas funciones, entre esas está la de incluir un canal de radio para el cifrado y el descifrado, ofrece el traspaso de control entre células y da gestión de algunos recursos de radio (Ortiz Morillo, 2010).

El RNS tiene los siguientes componentes como se muestran en la Figura 2.12:

- UE o Equipo de Usuario.
- RNC (Radio Network Controller, en español Controlador de red de radio).
- Nodo B.

2.2.2.2 Equipo de Usuario UE.

El UE de UTRAN, a diferencia del UE explicado en los capítulos anteriores, está adaptado para las redes UMTS 3G. Consiste en un equipo formado por el ME (Equipo Móvil) y por el USIM (Módulo de Identificación del Abonado), estos dos componentes están integrados uno dentro del otro, el

USIM dentro del ME, la función del USIM dentro del Me es la guardar la información del usuario para poder identificarlo y dar datos para facturación entre otras opciones (Figuroa de la Cruz, 2008).

En el Ecuador la mayoría de los teléfonos actuales que ofrecen las operadoras de telefonía móvil o que los usuarios lleven a registrar para los planes de telefonía o datos piden en sus especificaciones tarjetas Micro o Nano SIM las cuales son más pequeñas que las usadas en sistemas GSM.

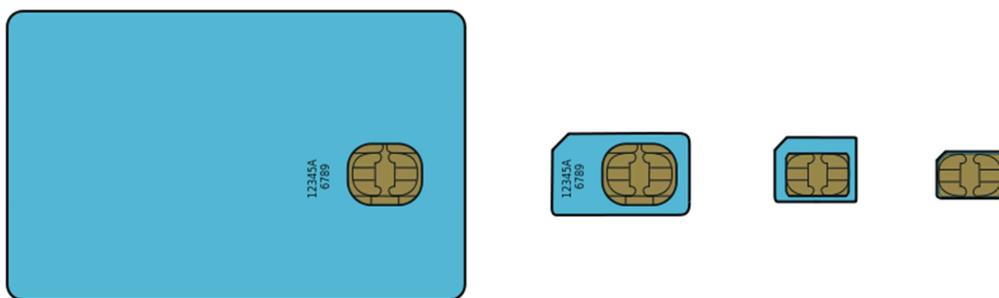


Figura 2.11: Modelos de SIM
Fuente: Vodafone

En la Figura 2.11 se puede observar y diferenciar el tamaño de los modelos de SIM actuales los cuales son considerados USIM para que puedan acceder a servicios de 3G y servicios posteriores de cuarta generación 4G.

2.2.2.3 Nodo B.

El Nodo B Es una radio base para UMTS como se puede observar en la Figura 2.12, también se conecta con el UE mediante interfaces aéreas (Interfaz Uu), las cuales las definiremos más adelante, y con el RNC mediante otra interfaz aérea (Interfaz Iub). La función del nodo B está vinculada a la interfaz aérea Uu, dentro de esta el nodo B realiza la conversión de unidades de datos. Esta función incluye la corrección de errores y la adaptación a la tasa de datos en la interfaz aérea, el monitoreo de la calidad, la potencia de la conexión y el cálculo de la tasa de errores (de la Cruz et al., 2004).

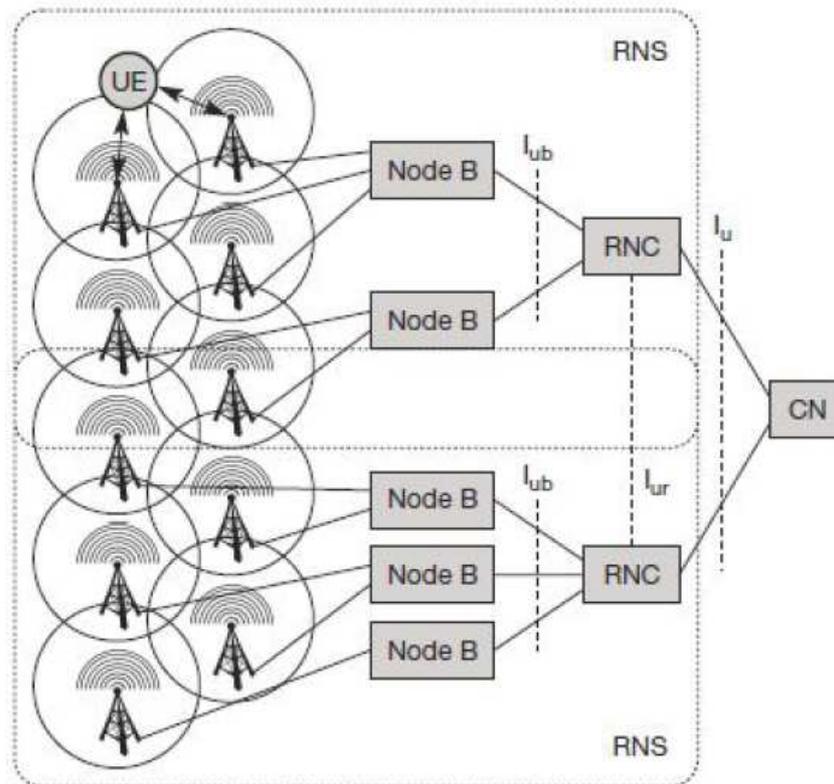


Figura 2.12: Arquitectura UTRAN
Fuente: (Burneo & Siguenza, n.d.)

2.2.2.4 RNC.

El RNC provee control descentralizado sobre los Nodos B en su área de cobertura. Otra función de que tiene el RNC es la de operar los protocolos y sus intercambios en las interfaces que maneja la UTRAN, además de esto realiza la multiplexación de toda la información que proviene de los dominios de circuitos y paquetes, esta información viene desde las interfaces I_u -PS y I_u -CS, para que puedan ser enviadas en la interfaces I_u , I_{ub} y I_u , todo estos hacia los UE y desde los UE hacia la interfaces, como se puede ver en la Figura 2.12. En UTRAN diferentes RNC pueden estar conectadas entre ella a través de la interfaz I_{ur} (Burneo&Siguenza, n.d.).

2.2.2.5 Interfaces en UTRAN.

Como se puede ver en la Figura 2.12 los distintos componentes en la UTRAN necesitan interfaces que les permitan comunicarse entre sí las cuales pueden clasificarse en internas y externas. Dentro de las internas tenemos:

- Interfaz Iub: Interfaz entre los nodos B y el RNC que permite el transporte de las tramas radio desde el UE hasta el RNC. Utiliza el protocolo NBAP (Node B Application Part) de señalización el cual es responsable de controlar el Nodo B por parte del RNC(Figueroa de la Cruz, 2008).
- Interfaz Iur: Esta interfaz se extiende entre dos RNC dentro del UTRAN. La interfaz Iur proporciona la capacidad para soportar la movilidad de la interfaz radio entre RNC (Ortiz Morillo, 2010).

En las internas tenemos:

- Interfaz Iu: Define los enlaces entre la UTRAN y el CN. Fundamentalmente, los enlaces correspondientes a esta interfaz, que se extienden entre el RNC y el GMSC, y entre el RNC y el SGSN, se soportan sobre fibra óptica y están basados en enlaces punto-punto sincrónicos STM-1(Ortiz Morillo, 2010).
- Interfaz Uu: Es el interfaz que se encuentra entre el UE y el Nodo B. Se basa en la tecnología de acceso WCDMA (Figueroa de la Cruz, 2008).

2.2.3 Forma de acceso al medio en la UTRAN.

El Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles UMTS, está basado en la tecnología de acceso múltiple por división de código de banda ancha WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). WCDMA es un interfaz de radio versátil que se puede configurar para cumplir los requisitos de un gran número de servicios. Es utilizada para soportar las transmisiones de paquetes de datos (Ortiz Morillo, 2010).

WCDMA utiliza la técnica CDMA-DS, en la cual las señales de espectro ensanchado se generan mediante modulación lineal con secuencias ortogonales o cuasi-ortogonales de banda ancha que son asignadas a los usuarios. Estas secuencias pueden diferir en enlace ascendente (Up Link) y descendente (Down Link). El proceso consiste en multiplicar la señal de

información por la secuencia de expansión, llamado código de dispersión del usuario, transmitir el producto y en recepción multiplicarlo de nuevo por el código de expansión, y realizar el proceso de correlación, recuperando la señal original. Al proceso de multiplicación en transmisión se le denomina ensanchado o spreading, ya que origina la expansión de la señal de banda estrecha a toda la banda de frecuencias y al proceso de multiplicación en recepción se le denomina despreading, ya que con este método se recupera la señal original. En el transmisor cada bit de la señal se multiplica por el código de ensanchamiento que tiene N chips, es decir la señal codificada, para lo cual la velocidad de chip, asociada al ancho de banda del sistema, debe ser mayor que la velocidad binaria de la señal, la cual es asociada al ancho de banda de la misma. UMTS utiliza la técnica WCDMA, donde la tasa de chip de la señal ensanchada es fija e igual a 3.84 Mcps (Mega Chips per second) lo que conduce a un ancho de banda de 5 MHz. A cada usuario se le asignan tramas de duración 10ms, durante las cuáles su tasa de bits es constante aunque puede variarse de una trama a otra, y esto se consigue variando el SF (Spreading Factor)(Ortiz Morillo, 2010). En WCDMA los códigos de expansión se componen de dos códigos tal como se puede observar en la Figura 2.13.

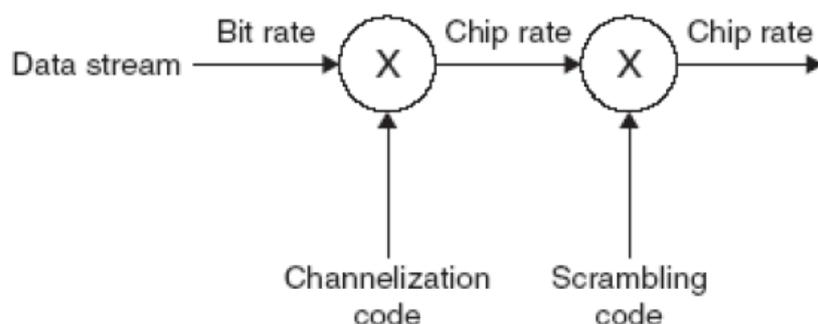


Figura 2.13: Código de Canalización y Código Aleatorio.
Fuente: (Ortiz Morillo, 2010).

- Códigos de Canalización o Channelization: se utilizan para separar los canales físicos de datos y de control de un mismo UE y en el downlink para separar las conexiones de diferentes usuarios dentro de una celda. Son códigos cortos de 256 chips, en downlink es posible 512 chips, y pertenecen a la familia de

códigos OSVF (Orthogonal variable spreading factor)(Ortiz Morillo, 2010).

- Códigos aleatorios o Scrambling: se utilizan para separar usuarios en Uplink y celdas en Downlink. Estos códigos pueden ser largos (38400 chips) o cortos (256 chips) en Uplink y son largos en Downlink. Los códigos largos son códigos Gold mientras los cortos pertenecen a la familia de códigos extendidos(Ortiz Morillo, 2010) (Ortiz Morillo, 2010).

La comunicación entre el nodo B y el UE requiere de 2 vías de manera simultánea, es decir que ambos dispositivos, tanto en enlace de subida como en el enlace de bajada, tengan la capacidad de recibir y transmitir al mismo tiempo. Para eso se utilizan 2 técnicas que son FDD y TDD, las cuales se relacionan con las bandas de frecuencias utilizadas en UMTS. En la WRC-2000, celebrada en Estambul en Junio de 2000, se aprobaron los requerimientos de espectro adicionales para IMT-2000 por debajo de 1GHz. La Tabla 2.2 muestra el espectro asignado para los servicios de IMT-2000 (Ortiz Morillo, 2010).

Tabla 2.2: Espectro asignado para IMT-2000

División del espectro radioeléctrico	Asignación del espectro	
	Terrestre	Satelital
Por debajo de 1 GHz	806 – 960 MHz	
Por sobre 1 GHz	1710 – 1885 MHz	
	1885 – 1980 MHz	1980 – 2010 MHz
Por sobre 2 GHz	2010 – 2025 MHz	2170 – 2200 MHz
	2520 – 2670 MHz	2500 – 2520 MHz
		2670 – 2690 MHz

Fuente: (Ortiz Morillo, 2010)

2.2.3.1 FDD – Duplexado por división de frecuencia.

En FDD se emplea una frecuencia para la transmisión en un sentido y otra frecuencia distinta para la dirección, esto quiere decir que el uplink y el downlink utilizan frecuencias diferentes, estas se encuentran separadas 130 MHz con un ancho de banda de 5 MHz contraria (ver Figura 2.14). Dada la

ausencia de ranuras de tiempo y/o períodos de guarda, hace que la sincronización entre estaciones base y los terminales sea menos crítica que en TDD (Figueroa de la Cruz, 2008).

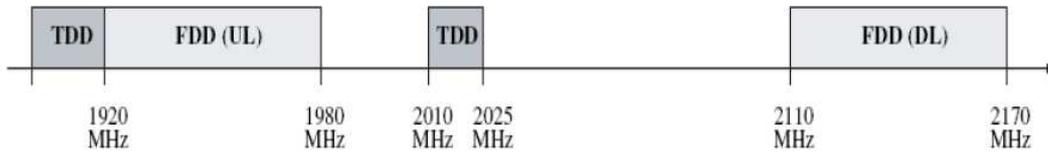


Figura 2.14: Bandas de frecuencias FDD y TDD
 Fuente: Figuera de la Cruz (2008).

2.2.3.2 TDD – Duplexado por división de tiempo.

En TDD el uplink y el downlink utilizan la misma frecuencia pero se encuentran separados en el tiempo. Este se diferencia en que los slots pueden ser combinados para funcionar como uplink y downlink, según se necesite. Los terminales TDD no requieren duplexores lo que permite una menor complejidad que terminales FDD. Sin embargo, TDD requiere una mejor sincronización entre los usuarios y la estación base dado que la estación base no puede transmitir al mismo tiempo que las estaciones móviles (Figueroa de la Cruz, 2008).

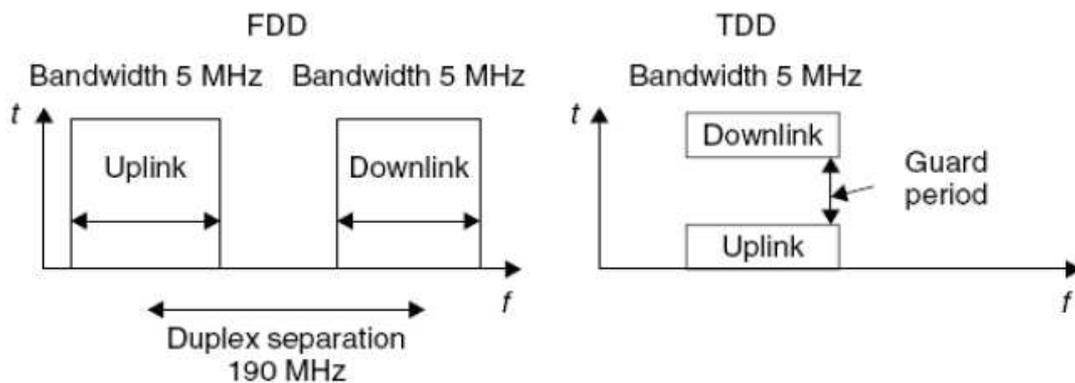


Figura 2.15: Modo FDD y TDD.
 Fuente: Figueroa de la Cruz (2008)

2.2.4 Arquitectura de la red central CN.

El CN es la estructura de conmutación y de encaminamiento (routing). La red central es el componente de la red que establece las comunicaciones entre las múltiples secciones de la red de acceso, la cual recoge directamente el tráfico de las múltiples estaciones radio base (Figueroa de la Cruz, 2008).

Se compone de 2 redes independientes una para voz (conmutación de circuitos) y otra para datos (conmutación de paquetes) (Burneo & Siguenza, n.d.).

La arquitectura de la red central está compuesta por:

2.2.4.1 MSC (*Mobile Switching Center*).

El MSC es el que realiza la conmutación de circuitos y está presente en las tecnologías UMTS y GSM. Las funciones principales del MSC son las de encargarse de las conmutaciones de circuitos hacia la estación base y de la estación base al MSC. Además puede controlar y dar servicio a varios nodos B y conectarse a redes fijas para conectarse a otras estaciones UMTS y cabe mencionar que la función principal que desempeña es la de manejar el handover hacia los usuarios (Burneo & Siguenza, n.d.).

2.2.4.2 HLR.

El HLR o Home Location Register como son sus siglas en inglés, maneja los datos de los usuarios, se encarga de dirigir el tráfico y está vinculado a un MSC. El HLR maneja muchos de los datos que provienen de la SIM como son la autenticación y la encriptación para brindar seguridad al usuario. Además de esto maneja certificaciones internacionales IMSI, restricciones, datos fijos y temporales (Burneo & Siguenza, n.d.).

2.2.4.3 VLR.

El VLR o Visitor Local Register, se encarga de almacenar datos temporales de los usuarios que se encuentren localizados en el MSC. El VLR se encarga de prevenir retardos y evitar el uso innecesario de algunos recursos de la red (Burneo & Siguenza, n.d.). Los datos que guarda son los que se detallan a continuación:

- Identidad temporal del equipo celular (TMSI).
- Identidad local del equipo celular (LMSI).
- Nombre internacional del abonado (IMSI).
- Numero ISDN o de identificación de la radio base internacional (MSISDN).

2.2.4.4 EIR.

El EIR o Equipment Identity Register tiene un registro de todos los números de serie de los equipos de usuarios, este número se llama IMEI. Además de esto almacena listas de IMEI que pueden estar reportados como válidos, bloqueados o con fallas según sea el caso de los equipos (Burneo & Siguenza, n.d.).

2.2.4.5 AuC.

El AuC o Centro de Autenticación trabaja conjunto al HLR y posee una base de datos de todas las claves que poseen las tarjetas SIM de los usuarios de la operadora (Burneo & Siguenza, n.d.).

2.2.4.6 SGSN.

El SGSN o Serving GPRS Support Node realiza una función muy importante en la red, se encarga de que los usuarios mantengan su posición en la localización de la célula, además controlar el acceso a la misma y de dar opciones de seguridad a los abonados (Ortiz Morillo, 2010).

2.2.4.7 GMSC (Gateway MSC).

Una GMSC tiene todas las funcionalidades estándares de una MSC, pero además provee interconectividad entre redes PLMN y PSTN. Esto determina que los formatos de tráfico y señalización de una PSTN, se convierten en protocolos propios de la PLMN (Public Land-Mobile Network). Para el caso de llamadas desde redes móviles, el GMSC interactúa con el HLR para obtener información de enrutamiento. La entidad funcional encargada de realizar lo antes mencionado se denomina IWF (Inter Working Function) (Ortiz Morillo, 2010).

2.3 HSPA.

Desde la aparición de HSPA ha habido mejoras constantes dadas las tasas de transmisión que ofrecía y las mejoras en cuanto a implementaciones de nuevos servicios gracias a su plataforma ALL-IP la cual permitía a las operadoras brindar a los usuarios servicios completamente nuevos. En la Figura 2.16 se puede observar las mejoras de HSPA en sus versiones en lo que corresponde a enlaces de subida y bajada de datos.

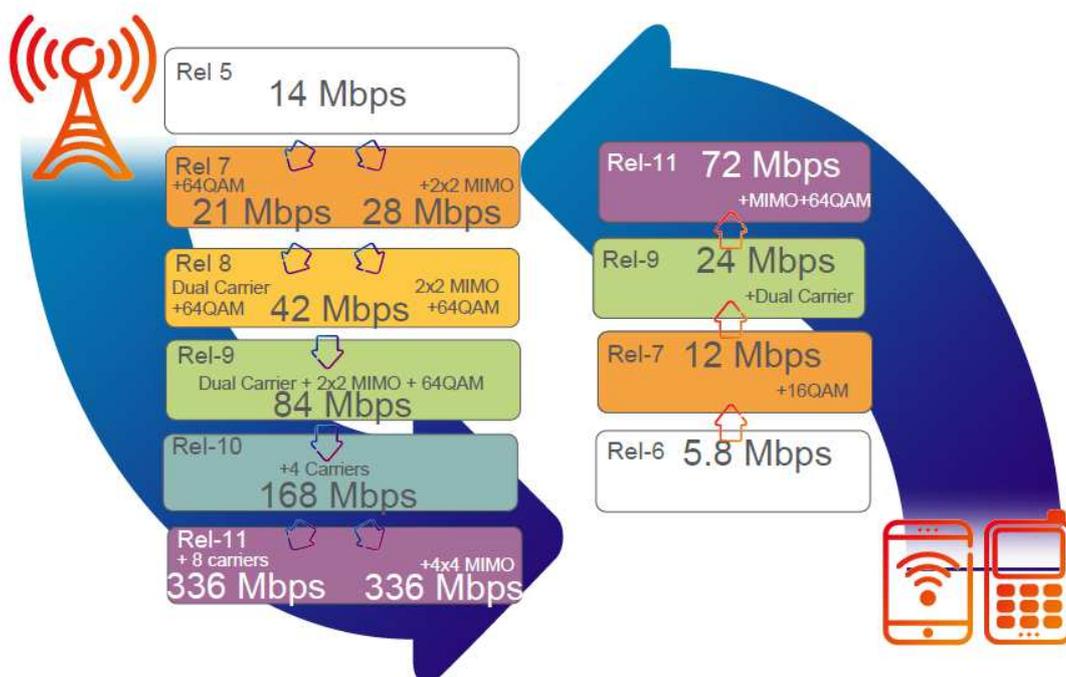


Figura 2.16: Evolución de HSPA
Fuente: 4G Américas (2011)

Actualmente las redes LTE son las redes que van a tener mayor acogida en el mundo dado a que nos llevan a mejoras en conectividad, pero hasta que la tecnología LTE este esparcida por todo el mundo va a tomar algunos años. Se calcula que para el 2016 los usuarios de las redes HSPA va a ser cerca 3500 millones poniéndola a la cabeza por encima de las redes LTE. A pesar de todo esto las redes 4G van a seguir expandiéndose por el mundo, pero por la existencia de cobertura de las redes HSPA, HSPA+ seguirá evolucionando a través de los estándares de 3GPP hasta que las operadoras evolucionen sus redes a LTE (4G Americas, 2011).

HSPA es la unión de tecnologías que aparecieron después a 3G UMTS, las cuales debían aumentar el rendimiento de las redes 3G, las cuáles son la versión 3.5G o HSDPA y 3.75G o HSUPA ambas están relacionadas lo que respecta velocidades de subida y bajada respectivamente. El objetivo de HSPA era aumentar la tasa de transferencia de datos así como también las velocidades de subida y bajada, a través de un teléfono móvil o dispositivos de red para laptop o PC, mejorar la eficiencia del espectro para poder satisfacer la demanda de servicios de datos y mejorar la calidad del servicio que brindan las operadoras. HSPA tiene 2 fases al momento de ser implementada: la primera fase está basada en HSDPA el cual mejora a WCDMA (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha) en downlink y puede soportar velocidades que van desde 1,8 Mbps hasta 14,4 Mbps. La segunda fase consiste en implementar HSUPA el cual permita una alta subida de datos hacia internet, alcanzando velocidades de 5,7 Mbps (Ortiz Morillo, 2010).

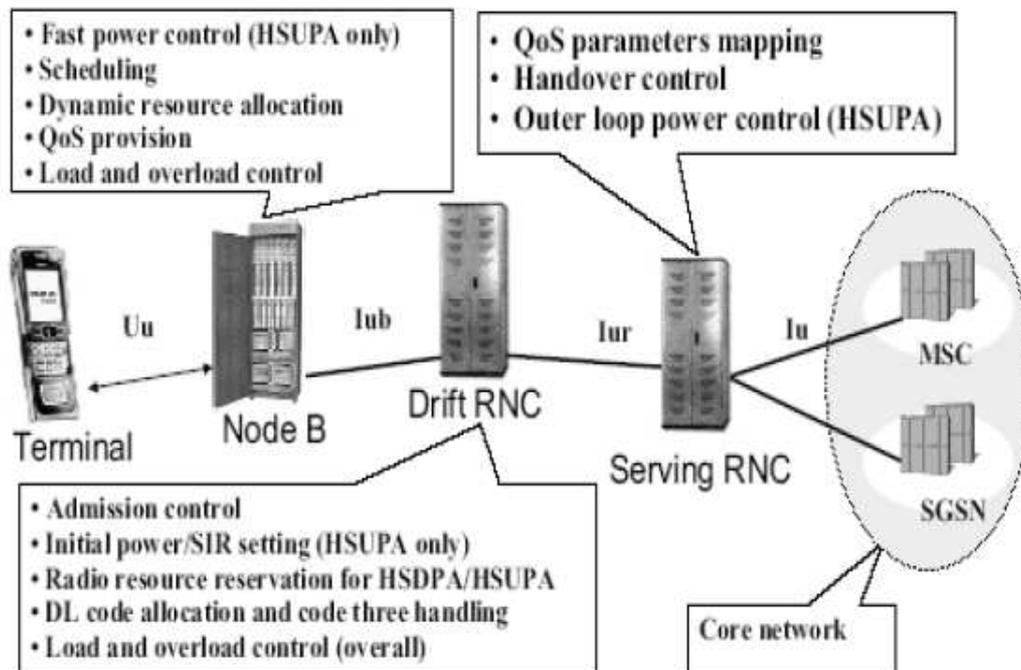
2.3.1 Ventajas de HSPA.

HSPA nos da muchas ventajas, pero la principal ventaja es la velocidad de subida y bajada que puede alcanzar, dándonos la posibilidad de poder acceder a nuevos servicios de datos, que están restringidos por el ancho de banda, como pueden ser voz sobre IP, televisión en movilidad, juegos en red o la edición de cadenas de bits de video hacia Internet en tiempo real. Otra gran ventaja es que puede operar en las mismas frecuencias que WCDMA eso

significa que la implantación no es muy costosa. El uso eficiente del espectro es otra gran ventaja porque se enviaría voz y datos sobre la misma portadora, esto en base a la tecnología WCDMA.

2.3.2 Arquitectura de red en HSPA.

En el R'99, la administración de recursos de radio, era controlada por el RNC, no así en el R'5 y R'6, donde el nodo B, controla la programación de paquetes en función de la calidad del canal de radio de un UE dado, esto disminuye la latencia. En la Figura 2.17 se pueden observar las funcionalidades reasignadas a cada elemento de red según la versión 6 para HSPA (Ortiz Morillo, 2010).



Fuente: (Ortiz Morillo, 2010)
 Figura 2.17: Arquitectura de red HSPA según versión 6

Participa más del RNC en la comunicación, el RNC servidor (SRNC) manejaría la asignación de los canales dedicados (DCHs), en tanto que el DRNC (Drift RNC), que actúa como un conmutador enviando información entre el RNC servidor y el UE, cuando un UE pasa a una celda asociada a un RNS (Radio Network Subsystem) diferente, manejaría la asignación de los canales compartidos, como el canal de envío FACH o el canal descendente compartido

DSCH. En HSPA el RNC servidor mantiene el control del handover y decide los parámetros de QoS. Además el nodo B se encargará de un rápido control de potencia, la programación, la asignación dinámica de recursos, aprovisionamiento de QoS, control de carga y sobre carga (Ortiz Morillo, 2010).

2.3.3 Estructura de protocolos HSPA.

Los protocolos en el plano de control con respecto a UMTS se mantienen iguales, pero en el plano de usuario se modifica la capa MAC y RLC, como se puede observar en la Figura 2.18.

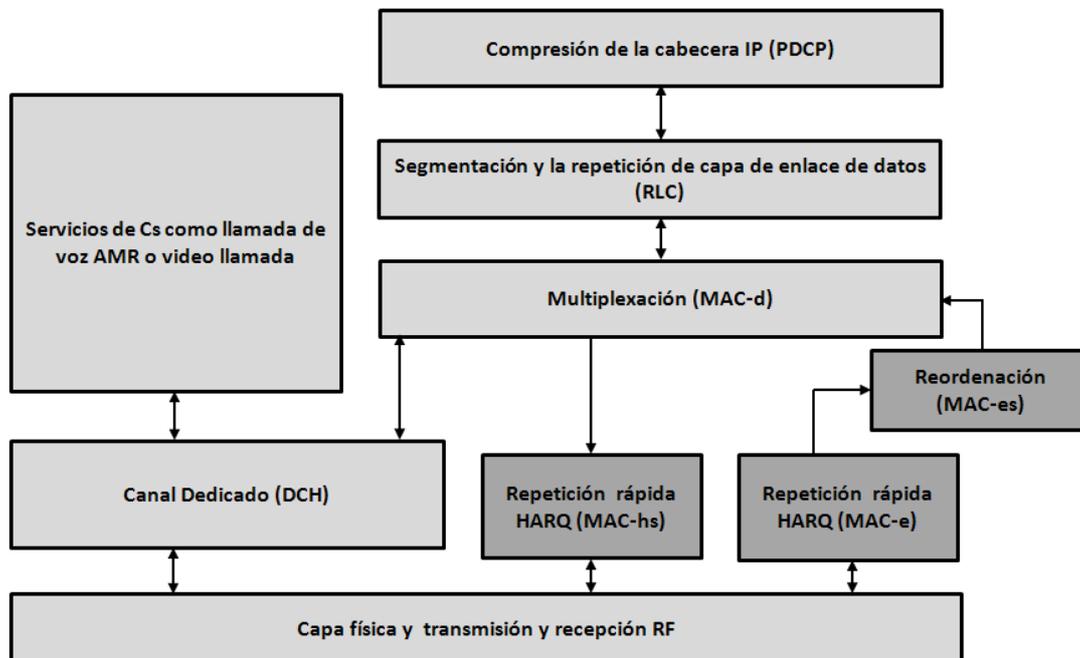


Figura 2.18: Estructura de protocolos HSPA para transmisión de datos.
Fuente: El autor.

2.3.3.1 Capa MAC.

Se añaden nuevas sub-capas como son MAC-hs para HSDPA, que se encarga del protocolo H-ARQ en el nodo B el cual está encargado de ver los errores en las tramas. En HSUPA se añaden las subcapas MAC-e y MAC-es (Ortiz Morillo, 2010).

2.3.3.2 Capa RLC.

Se encarga de la retransmisión de paquetes si las capas inferiores han tenido errores en la transmisión, después del número máximo de retransmisiones o en conexiones móviles.

2.3.4 Calidad de servicio QoS.

QoS o Calidad de Servicio es el rendimiento que debe tener una red tecnológica ya sea telefónica o solo de computadoras. El QoS está más vinculado a como los usuarios perciben el servicio que se les da. Esta calidad de servicio es generalmente apreciado a nivel de usuarios.

En HSPA se identifican 4 niveles de servicio para diferente tráfico:

- Tráfico Conversacional: Son todas las comunicaciones en tiempo real de audio y video. Este tipo de tráfico está caracterizado por retardos pequeños y variaciones mínimas en la entrega de paquetes de audio o video (Ortiz Morillo, 2010).
- Tráfico Afluente: Abarca las aplicaciones para descarga de contenidos multimedia para reproducirlos en línea, a este contenido se lo llama streaming y puede contener audio video o ambos. Este tipo de tráfico es unidireccional hacia el usuario, soporta retardos moderados que dependen de la aplicación utilizada por el usuario (Ortiz Morillo, 2010).
- Tráfico Interactivo: Se refieren a comunicaciones dentro del esquema pedido-respuesta, en el cuál se espera que el servidor envíe respuesta al usuario en un lapso razonable. Un factor esencial es el tiempo de retardo de salto (round trip). Otra característica es el envío de paquetes con un bajo BER. Ejemplos de este tipo de tráfico son la navegación web, acceso remoto y consultas a bases de datos (Ortiz Morillo, 2010).
- Tráfico Diferible: También conocido como tráfico de background. Es un tipo de tráfico en el que no se espera una respuesta

inmediata. Por lo tanto no es sensible a los tiempos de retardo, sin embargo si es necesaria la entrega de los paquetes de datos libres de errores. Ejemplos de este tipo de tráfico son: correo electrónico y descarga de archivos(Ortiz Morillo, 2010).

2.4 HSDPA.

La tecnología HSDPA (Acceso de Paquetes a Alta Velocidad en el Enlace Descendente) es una evolución de la telefonía móvil de tercera generación WCDMA. Permite básicamente una mejora en las tasas de transmisión de descarga, refiriéndose a las mejores en el downlink, llegando teóricamente hasta los 14 Mbps mientras que en subida se sigue manteniendo el mismo esquema que en UMTS, con tasas máximas de 384Kbps mejorando posteriormente a 2 Mbps. También se introducen mejoras en cuanto a la arquitectura de la red, como el acceso al subsistema multimedia IP o IP Multimedia Subsystem (IMS), con lo cual se pretende unificar el núcleo de la red móvil con los otros tipos de redes como la de datos y la de telefonía fija, evolucionando a una red de siguiente generación o Next Generation Network (NGN). Además, se mejora el uso de la modulación y se derivan funciones al nodo B, con lo que el control ya no se realiza íntegramente por el RNC (Chimbo Rodríguez, 2012).

Esto genera una reducción en los tiempos de transmisión mejorando de esta forma el rendimiento de la red. Los valores de transmisión de descarga se logran no solo por la introducción de los canales compartidos sino también por el uso de un nuevo método de modulación QAM que es una técnica que transporta datos, mediante la modulación de la señal portadora, tanto en amplitud como en fase, por la reducción del intervalo de tiempo de transmisión o time transmisión interval TTI, por el uso de turbo códigos como método de corrección de errores. HSDPA posee capacidad de combinar modulaciones y codificaciones a lo que se denomina AMC (Adaptive Modulation and Coding). Esta técnica permite disponer de una modulación QAM y QPSK (Quadrature Phase - Shift Keying), la cual se asigna dependiendo de la calidad de recepción

de la señal por parte del usuario y puede implementarse utilizando la infraestructura ya desarrollada para UMTS (Chimbo Rodríguez, 2012).

En el release 99 se definieron tres técnicas para la bajada o Downlink de paquetes (DL):

- La primera es usando el canal dedicado o dedicated channel (DCH).
- La segunda es usando el canal de acceso directo o forward Access channel (FACH).
- La tercera, el canal compartido de bajada o downlink shared channel (DSCH).
-

Los canales DCH y el FACH permiten las tasas máximas teóricas y con ello el surgimiento de HSDPA que trabaja con canales compartidos de Spreading Factor (SF) o factor de dispersión(Chimbo Rodríguez, 2012).

2.4.1 Canales Físicos HSDPA.

- Canal rápido de bajada compartido con sus siglas en ingles HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel): En HSDPA se introduce este canal, el cual está definido para un SF de 16 constantes. La característica de este canal es que se pueden asignar hasta 15 canales a un solo usuario, consiguiendo de esta forma el máximo de velocidad que ofrece HSDPA, 14.4 Mbps (Chimbo Rodríguez, 2012).
- Canal compartido de control con sus siglas en ingles HS-SCCH (High Speed Shared Control Channel): Este es un canal físico de bajada que se encarga de la llevar la información de control, la cual se necesita para que el UE o equipo móvil demodule y decodifique el HS-DSCH. Por cada usuario que esté usando múltiples HS-DSCH se deberá enviar un HS-SCCH. Cada uno de

estos usa un SF de 128 y tiene una estructura basada en un TTI de 2ms, la misma que el HS-DSCH (Chimbo Rodríguez, 2012).

- Canal de control físico dedicado de alta velocidad con sus siglas en ingles HS-DPCCH (High-Speed Dedicated Physical Control Channel): Este canal sirve para enviar información de control como el CQI (Channel Quality Indicator) y el HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request) y opera con un SF de 256. Dicho canal es solo de subida (Chimbo Rodríguez, 2012).
- DCH: Definido en el release 99 como un canal de transporte dedicado, se utiliza en HSDPA para el canal de subida. Es mapeado en el canal físico DPDCH, el cual puede tener factores de SF entre 4 y 256, definiendo así siete posibles tramas con un valor máximo de 384 Kbps. En el caso que se desee realizar una llamada de voz o una video llamada, se siguen utilizando los canales y protocolos de control definidos en el release 99 (Chimbo Rodríguez, 2012).

En la Figura 2.19 se puede analizar el sentido de los canales físicos en HSDPA tanto en enlaces de subida como en el enlace de bajada (Chimbo Rodríguez, 2012).

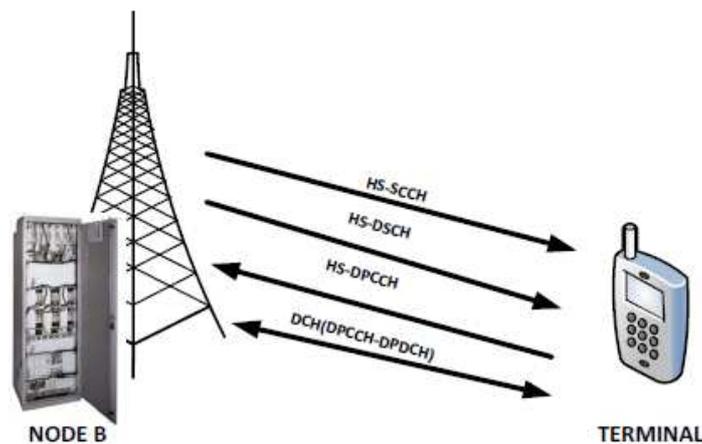


Figura 2.19: Uso de los canales en HSPA
Fuente: Chimbo Rodríguez (2012)

2.4.2 Arquitectura de la red HSDPA.

La arquitectura de red para la tecnología HSDPA, es la misma en donde conviven las redes de acceso de radio EDGE/GPRS (GERAN) con UMTS (UTRAN), conectados al núcleo de red. La implantación del HSDPA en la red de acceso (UTRAN) sería hecha a través de la actualización de software/hardware en las estaciones base (BS) y controladores de red radio (RNC). La estación base (BS) es también conocida como nodo B en la terminología 3GPP (Chimbo Rodríguez, 2012).

Las características de HSDPA que surgieron para su implantación fueron:

- Utiliza un nuevo canal de transporte denominado High-Speed Down link Shared Channel (HS-DSCH): O canal compartido de enlace descendente de alta velocidad. Este canal es semejante al canal DSCH del WCDMA y permite que los recursos puedan ser compartidos por todos los usuarios de un mismo sector.
- Adaptive Modulation and Coding (AMC): Mecanismo que permite una adaptación de velocidad de transmisión a las condiciones del canal, de acuerdo a esto, será la modulación y codificación que se utilice. HSDPA trabaja con modulación QPSK y 16QAM.
- Fast Scheduling (Planificación rápida): En HSDPA el bloque que tiene control sobre los recursos de radio, la asignación de los códigos, la tasa de codificación y el manejo de las retransmisiones es el nodo B, lo que permite, además de reducir los tiempos de latencia en la red, aumentar efectivamente la tasa de transmisión final, al saltarse los retrasos que introduce el interfaz entre el nodo B y el RNC (Iub). Este enfoque basado en traspasar todas estas funcionalidades desde el RNC al Nodo B, se le llama planificación rápida (Fast Scheduling).
- H-ARQ (Hybrid automatic repeat request). -Método de corrección de errores, se caracteriza por tener una rápida respuesta ante los errores. En caso de presentarse uno, solicitará una retransmisión,

la cual se combinará con las anteriores transmisiones antes de decodificar el mensaje. Si toda la información es correcta se enviará un ACK (Acuse de recibo) por el canal HS-DPCCH.

HSDPA generalmente requiere solo nuevo software y tarjetas de canales de estación base, en lugar del reemplazo de partes importantes de la infraestructura de UMTS, y no exige espectro adicional para su despliegue. Como resultado de ello, los operadores de UMTS pueden implantar HSDPA de manera rápida y costo-efectiva. De hecho, la mayoría de los operadores que implantan UMTS están implantando una red con capacidad HSDPA (Chimbo Rodríguez, 2012).

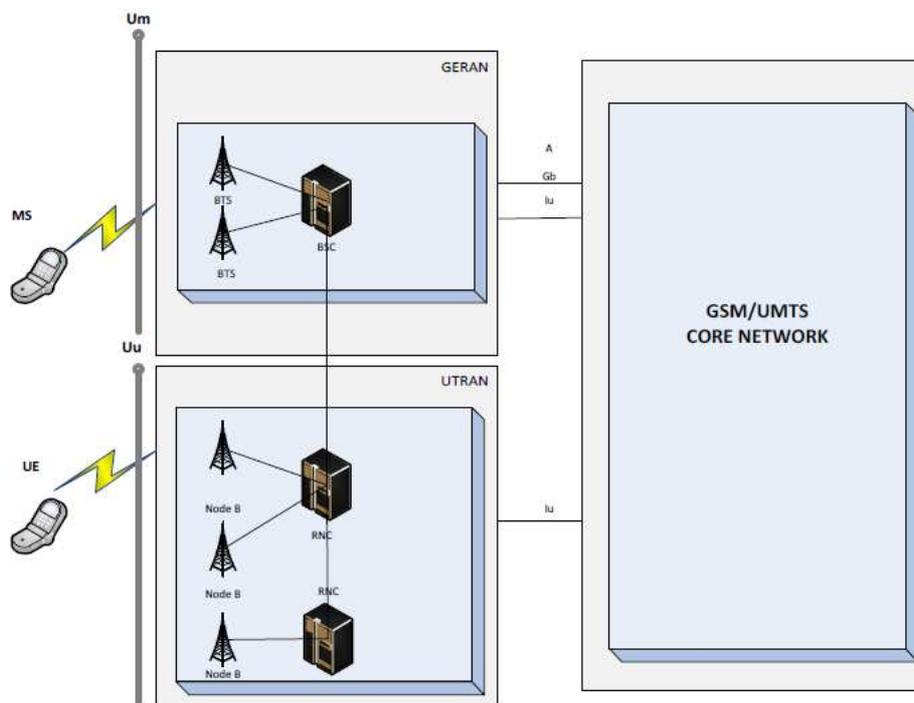


Figura 2.20: Arquitectura de red HSDPA
Fuente: (Chimbo Rodríguez, 2012)

2.5 HSUPA.

HSUPA (Acceso de Paquetes a Alta Velocidad en el Enlace Ascendente) es una actualización de UMTS-HSDPA que utiliza el Canal Dedicado Optimizado (Enhanced Dedicated Channel o E-DCH) para introducir una serie de mejoras que optimizan el rendimiento en general de lo que es el

Uplink o enlace ascendente. Estas mejoras incluyen latencia reducida y eficiencia espectral incrementada (Chimbo Rodríguez, 2012).

Además son necesarios otros canales físicos, de control y datos, que se encuentran señalados en la Figura 2.21, los cuales son:

- E-AGCH (Enhanced Absolute Grant Channel)
- E-RGCH (Enhanced Relative Grant Channel)
- E-HICH (Enhanced Hybrid ARQ Indicator Channel)
- E-DPCCH (Enhanced Dedicated Physical Control Channel)
- E-DPDCH (Enhanced Dedicated Physical Data Channel) (Chimbo Rodríguez, 2012).

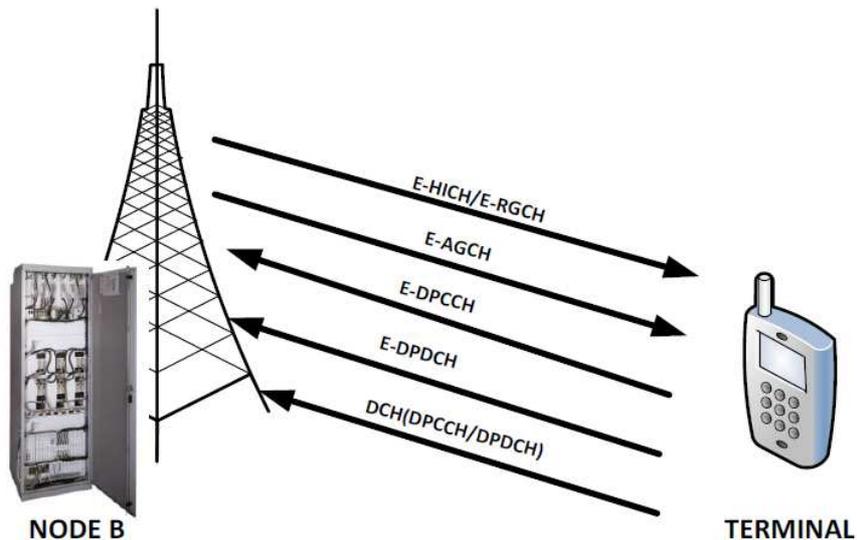


Figura 2.21: Canales en HSUPA
Fuente: (Chimbo Rodríguez, 2012)

2.5.1 Características de la red HSUPA.

HSUPA es una actualización a las redes UMTS, requiere nuevo software y tarjetas de canal para la estación base. Como resultado de ello, los operadores pueden implantar HSPA de manera rápida a bajo costo y con mucha efectividad. Para poder realizar esto se hace uso de un protocolo de mejora de subida (EUL), el cual mejora la subida y la bajada de los datos optimizando los recursos que se usan (Chimbo Rodríguez, 2012).

HSUPA introduce nuevas características como son:

- Un canal físico dedicado optimizado (E-DCH).
- Un Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI) de 2 milisegundos, lo que permite respuestas más veloces.
- Programación veloz del Nodo B, lo que permite a la estación base asignar eficientemente los recursos de radio.
- Implementa Fast Hybrid Automatic Repeat Request (FH-ARQ), permitiendo que la estación base en la red móvil pueda hacer una petición inmediata para retransmitir los datos, en caso de que contenga errores, lo que en pocas palabras significaría que corregiría los errores en las tramas de manera más rápida.
- HSUPA puede operar con o sin HSDPA en el Downlink, aunque es probable que la mayoría de las redes combinen ambos enfoques para obtener mejores resultados.

HSUPA no hace uso de la modulación adaptativa, debido a que al aumentar la complejidad del procesamiento de señales repercute negativamente en la duración de las baterías de los equipos lo que no es muy conveniente para los usuarios (Chimbo Rodríguez, 2012).

Para poder realizar la conexión del equipo de usuario con una BTS en esta tecnología, el UE pide un RAB que es un servicio portador de radio que funciona a una velocidad ya asignada. Para asignar la velocidad al equipo se manejan algoritmos los cuales aumentan de a poco la velocidad que se le asigna a un UE, y cada 10 ms el sistema realiza un barrido para poder ver si es posible aumentar la velocidad del equipo al cual se le está dando servicio. En esta tecnología la forma en que el UE se conecta y hace la entrega de información al Nodo B cambia, además de esto se hace uso de un nuevo sistema el cual maneja diversidad, lo que permite que el UE pueda establecer una comunicación con más de un nodo B para realizar la subida de datos a la red (Chimbo Rodríguez, 2012).

2.6 HSPA+

Acceso de paquetes a alta velocidad evolucionado o también conocido con sus siglas en inglés como HSPA+. Esta tecnología hace su aparición en la versión 7 de 3GPP. Explicando la tecnología, la que se escogió para este proyecto se detalla a continuación. HSPA+ es una tecnología la cual puede alcanzar velocidades teóricas de bajada de hasta 42 Mbps y de subida hasta 22 Mbps, esto se da gracias a una técnica de múltiples antenas llamada MIMO cuyas siglas significan Multiple-Input Multiple-Output o en español entrada múltiple y salida múltiple, la cual gracias a que hace uso de múltiples antenas tanto para recibir como para enviar la información en los enlaces de subida y bajada. También se puede recalcar que hace uso de una modulación de orden superior como lo es 64 QAM. Como se mencionó antes las velocidades máximas son teóricas pero los usuarios de la red ya de manera práctica pueden alcanzar velocidades cercanas a los 14 Mbps. Esta tecnología usa una arquitectura All-IP que es opcional al momento de su aplicación, dado que suelen haber estaciones base que están conectadas a nodos que son completamente IP, estos a su vez están conectados a routers que se enlazan con proveedores de servicio de internet (ISP's). HSPA+ le da al usuario la sensación de siempre estar conectado dado que el si el usuario pasa inactivo un largo tiempo y se vuelve a conectar la reconexión a la red es muy rápida, esto se denomina tiempo de inactividad o idle time. Se puede decir que esta tecnología es una evolución de las redes HSPA (Ortiz Morillo, 2010).

2.6.1 Aplicaciones soportadas por HSPA+

HSPA+ soporta varias aplicaciones que los usuarios están demandando actualmente y gracias a la banda ancha que dicha tecnología ofrece, se puede soportar varios servicios, entre los principales se tiene: voz sobre IP (VOIP), videoconferencia, juegos en línea, video streaming, televisión, descarga más rápida de datos, entrega de datos sin demoras, aplicaciones de televisión y navegación web.

2.6.2 Proceso de acceso a internet.

La comunicación a nivel de tramas (capa MAC) entre la estación móvil UE con un Nodo B se realiza mediante la interfaz Uu, que viene a ser el interfaz aire. Dicho Nodo B se comunica mediante la interfaz Iub con el RNC. El RNC establece un enlace ya sea con el MSC o el SGSN mediante el interfaz Iu. Lo anterior va a depender si se utiliza conmutación por paquetes (datos) o de circuitos (voz), en el caso de una conexión a Internet se conectará con el SGSN utilizando conmutación de paquetes. El MSC o el SGSN ya pertenecen a la red central, y de ahí ya se puede acceder a una red externa como lo es Internet, mediante GGSN el cuál también es parte de la red central. Para lograr entonces la comunicación dentro de este sistema, lo primero que debe ejecutar es el acceso del móvil a la red, lo cual se puede realizar mediante la autenticación de usuario, que es una especie de identificación en la red. Ya que la estación móvil haya sido identificada, y en el caso que exista una llamada entrante o algún mensaje de texto para la estación móvil, la red le informa mediante el voceo o paging. Para un móvil el control de movilidad mediante el voceo inicia por la red central y se transmite vía el protocolo RANAP y el RRC al lugar relacionado o al área donde se encuentra registrado el UE. Una vez que se realizó el voceo, se realiza el establecimiento de la conexión RRC. Cuando la conexión RRC es establecida, el mensaje de control de la conexión de la capa más alta del UE se transmite de forma encapsulada como un mensaje inicial del móvil al dominio seleccionado de la red central. Después de esto, se procede a la autenticación de usuario, lo cual es necesario para mantener seguridad dentro de la red. Finalmente basándose en los parámetros transmitidos en el mensaje inicial del móvil, tal como: interferencia actual, tráfico en la celda, la correspondiente red central decidirá acerca del tipo de canal mediante la asignación de una portadora de radio, pero dicha portadora será asignada por el RNC. Cuando se tiene la portadora de radio, viene lo que se denomina la fase activa en la cual los datos de información son intercambiados entre el móvil y la red central. Inmediatamente que termina la comunicación entre móvil y la red, se manda un mensaje de desconexión, entonces la red central solicitará la liberación de la portadora de

radio al RNC. Ya una vez que se liberó, el móvil entonces seguirá con la conexión RRC, la cual por último se liberará para que así el móvil pase al estado de desocupado (modo idle). Para que una estación móvil pueda enviar y recibir datos de Internet necesita del protocolo IP, el cual está sobre la capa RRC y PDCP, es decir una vez que se haya establecido la conexión RRC, el SGSN asignará una dirección IP al móvil para que pueda establecer conexiones TCP externas (Ortiz Morillo, 2010). El Gateway o puerta de enlace hacia Internet es el GGSN, el cual enrutará los datos hacia y desde Internet; todo este proceso se observa en la Figura 2.22.

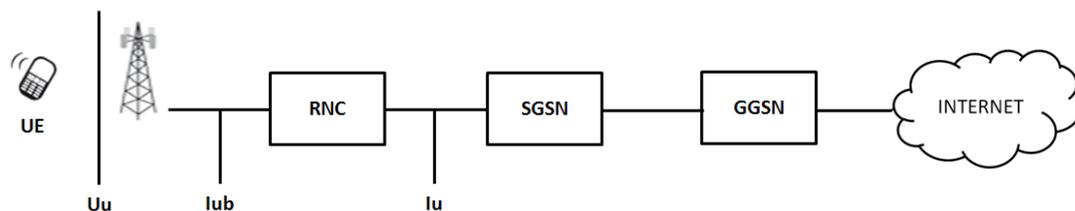


Figura 2.22: Acceso a internet por medio de HSPA
Fuentes: Beyond 3G Bringing networks, terminals and the Web Together

Hay que tener en cuenta la latencia, que es el tiempo promedio que toma un pequeño paquete IP en viajar desde el UE por medio de la red HSPA hasta un servidor de Internet, adicional al tiempo de regreso; es un componente crítico que afecta la percepción del usuario de aplicaciones basadas en TCP/IP. La latencia ha sido medida en numerosas redes comerciales HSDPA, donde se ha conseguido latencias por encima de los 70ms. Se predice que con la introducción de HSUPA se tengan tiempos de retardo menores a 50ms (Ortiz Morillo, 2010).

CAPÍTULO 3

3.1 EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CELULAR EN EL ECUADOR.

Para referirnos a la evolución de la telefonía móvil lo vamos a llamar generaciones. Las comunicaciones móviles en el Ecuador inician a finales del año 1993 con la llegada de una de las operadoras pioneras en el país, la cual es CONECEL S.A. que entra al país con el nombre de PORTA y después y actualmente llamada CLARO, además de esto ingresa al país la empresa OTECEL S.A. la cual se llamaba CELLULAR POWER, después BELLSOUTH y años después MOVISTAR. Estas dos operadoras manejan las telecomunicaciones móviles en el país hasta que en el año 2003 se crea una tercera operadora llamada TELECSA que opero al inicio con el nombre de ALEGRO y que años después fue absorbida por el estado y opera actualmente con el nombre de CNT E.P. (SUPERTEL, 2012).

A continuación se detalla la evolución de las generaciones de telefonía celular en el Ecuador:

3.1.1 Primera Generación.

Los sistemas de la primera generación de telefonía celular fueron muy característicos por brindar servicios de voz por medio de canales analógicos usando FDMA, limitando el número de usuarios a los cuales el sistema podía dar servicio, esto generaba un servicio de voz de baja calidad. Además de esto no existía seguridad en el sistema. En esta primera generación de la telefonía celular se caracterizó por usar una tecnología llamada AMPS que se denominaba en español “Sistema avanzado de telefonía móvil” que fue inventado por la empresa BELL (SUPERTEL, 2012).

3.1.2 Segunda Generación (2G).

Cuando evoluciono la tecnología a la Segunda Generación se implementaron canales digitales los cuales consiguieron mejoras en cuanto a tamaño, costo y potencia de los equipos de usuarios, además de esto se consiguió transmitir datos de volúmenes bajos. Se implementaron nuevos servicios como: Servicios de mensajes de texto (SMS), mensajes multimedia (MMS), identificaciones de llamadas, entre otros servicios. Gracias a la llegada de los sistemas de segunda generación se mejoraron muchos factores, se vieron mejoras en lo que es la seguridad, la calidad de voz, y mejoro significativamente la velocidad de transmisión de la información. En esta generación se implementaron las técnicas de acceso múltiple TDMA y CDMA además del sistema GSM (SUPERTEL, 2012).

El sistema GSM (Sistema Global para las Telecomunicaciones Móviles) fue desarrollado a partir del año 1982 pero se implementó recién en el año 1992 en las primeras redes europeas de GSM-900 las cuales iniciaron su actividad ese mismo años. En ese mismo año se introdujeron al mundo entero los primeros teléfonos con tecnología para redes GSM. En esta segunda generación de la telefonía móvil se hizo uso de las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA (SUPERTEL, 2012).

La tecnología 2G evoluciono a 2.5G la cual podía entregar capacidades 3G (Tercera Generación) con velocidades que llegaban hasta los 384 Kbps, la cual podía permitir transferencia de datos. La generación 2.5G presentaba las siguientes mejoras:

- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) el cual mejora el mecanismo de transmisión de datos.
- GPRS (General Packet Radio Service) utilizaba transmisión por paquetes y utilizaba servicios WAP.
- EDGE (Evolved GPRS) es una evolución del sistema GPRS

Todas estas mejoras apuntaban a una tercera generación dado a las velocidades que podían alcanzar (SUPERTEL, 2012).

3.1.3 Tercera Generación (3G).

La tercera generación permite transmisión y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (Servicio Universal de Telefonía Móvil) el cual está basado en uno de los estándares de UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) establecido en la IMT-2000. La tercera generación proporciona nuevos servicios que nos permiten transferir tanto voz y datos así como también transmitir solo datos como por ejemplo descarga de programas, poder enviar y recibir correos electrónicos, poder acceder a servicios de mensajería instantánea (WhatsApp, BlackBerry Messenger, Skype, etc.), además de esto brinda mejoras en lo que es diferentes formas de tarifación, mejora la calidad de servicio, entre otros (SUPERTEL, 2012).

3.1.4 Cuarta Generación (4G).

Lo que va a recalcar de esta generación con la tercera es el uso de tecnología completamente IP y se eliminarían los circuitos de intercambio, esto quiere decir que todas las redes van a estar unificadas y este ambiente va a ser apto para teléfonos inteligentes y módems inalámbricos. Toda la información va a ser transmitida por paquetes a una velocidad que se espera que alcance o esté por encima de 1 Gbps y se podrá hacer uso de un mayor ancho de banda (Conde, 2010).

3.2 ANÁLISIS DE USUARIOS CON INTERNET MÓVIL EN EL ECUADOR.

En septiembre del 2013 la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) reportó 3.774.995 dispositivos móviles con internet. Ese número de dispositivos está distribuido entre tres operadoras, como se puede observar en la tabla 3.1:

Tabla 3.1: Número de dispositivos con internet móvil

OPERADORA	Nº DE USUARIOS
MOVISTAR	1.379.360
CLARO	2.264.264
CNT	131.371

Fuente: Informes de la SUPERTEL.

A estas cifras se le suman 6.585.283 abonados que usan internet. Otras cifras que informo la SUPERTEL se muestran en la tabla 3.2:

Tabla 3.2: Números de usuarios con diferentes accesos a internet

PARAMETRO	CUENTAS/USUARIOS
Cuentas Conmutadas	7.929 cuentas.
Usuarios Conmutados	31.716 usuarios
Cuentas Dedicadas	1.069.014 cuentas.
Usuarios Dedicados	6.553.567 usuarios.

Fuente: Informes de la SUPERTEL

3.3 ANÁLISIS DE OPERADORES.

En el Ecuador se manejan 3 operadoras de telefonía móvil las cuales han decidido su migración de tecnología basándose en parámetros los cuales beneficien de manera constante al usuario y también visualizando a donde podría evolucionar la tecnología actual.

3.3.1 Migración en la tecnología de Claro (CONECEL).

CONECEL es más conocida con su nombre comercial CLARO que antes en el país operaba como PORTA el cuales una subsidiaria de la compañía multinacional América Móvil la cual cambio su nombre comercial de Porta a Claro en el año 2011. Se puede observar en la Figura 3.1 como Claro ha evolucionado la tecnología que usa en su red a lo largo de 20 años funcionamiento en el país, empezó en el año 1993 operando con tecnología AMPS la cual se usó en la primera generación que implemento en el país; después en el año 1997 migra a la segunda generación que se manejaba con D-AMPS la cual se caracterizó por mostrar mejoras en la red. GSM fue implementada por Claro a partir de mayo del 2003 y operaba en la banda de frecuencia de 850 MHz. En este mismo año hace la instalación en su red del

sistema GPRS lo cual brindaba al usuario experiencias nuevas en la red lo que era muy novedoso. En los años consiguientes esta empresa firma con el estado diferentes concesiones para poder brindar el servicio de SMA en el país, la última concesión que firmaron fue en el año 2009 en la cual se renovó la concesión del espectro por 15 años (Ortiz Morillo, 2010).

Claro en el año 2009 empieza a dar servicios de tecnologías 3G y 3.5G como video llamadas y acceso a internet inalámbrico. A finales del 2011 implementa la tecnología HSPA+ la cual va a brindarle al usuario velocidades hasta 10 Mbps.

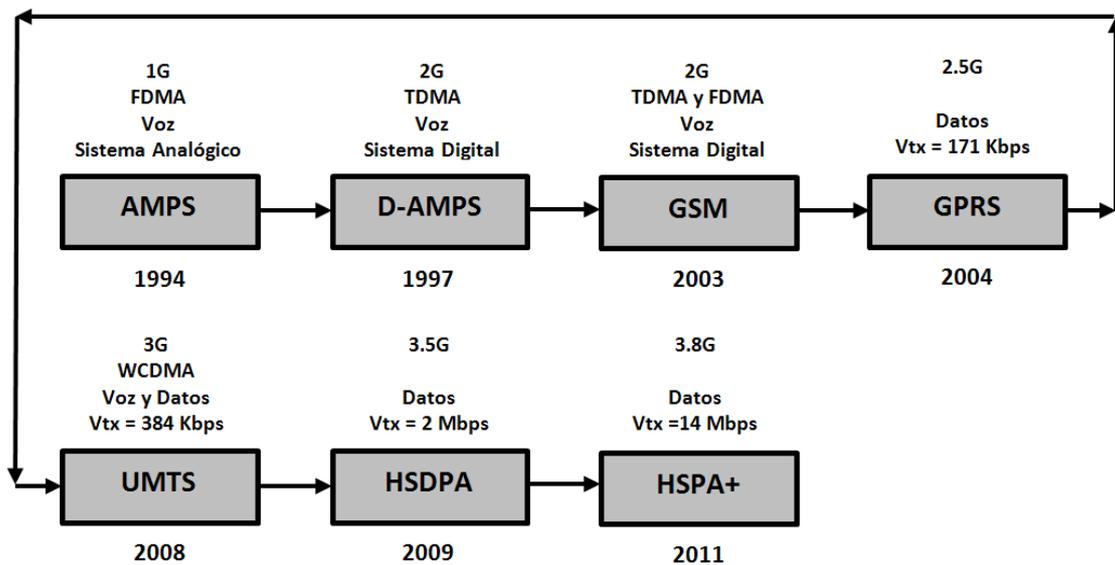


Figura 3.1: Migración de Tecnología en CLARO.
Fuente: El Autor.

3.3.2 Migración en la tecnología de Movistar (OTECEL).

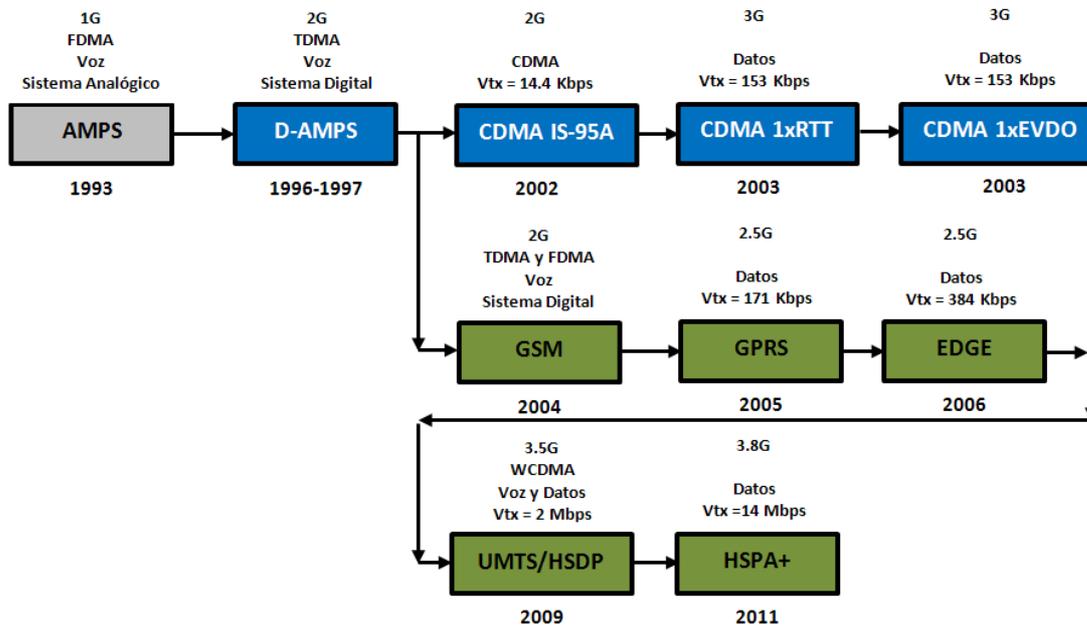


Figura 3.2: Migración de Tecnología en Movistar.
Fuente: El autor.

En la Figura 3.2 podemos ver como la empresa OTECEL ha ido evolucionando su tecnología. OTECEL opera desde el año 1993 con el nombre comercial de Cellular Power y trabajaba con tecnología AMPS de primera generación. Después en el año 1996 implementa su red de manera digital para mejorar el servicio y trabaja con TDMA en la banda de frecuencia de 800 MHz. Como BellSouth alcanza su mayor cantidad de usuarios. Esta empresa implementó su red de 2 maneras como BellSouth trabajó con 2G y cuando pasó a manos de Movistar implementó su red en base a las tecnologías 3GPP, esto a partir del 2005 y operando en la banda de 850 MHz. Y en el año 2009 firmó la renovación de la concesión para poder brindar por algunos años el servicio de telefonía móvil (Ortiz Morillo, 2010).

A partir del año 2009 Movistar implementa a su red tecnología UMTS/HSDPA y en el 2011 promociona su nueva tecnología HSPA+ (Ortiz Morillo, 2010).

3.3.3 Migración en la tecnología de CNT EP (Ex TELECSA).

Alegro aparece en el año 2003 para dar un servicio de telefonía avanzado y operaba en la banda de 1900 MHz. Apartir del año 2005 alegro lanza un servicio basado en la tecnología CDMA 1X también denominada EV-DO para poder dar servicio de datos y de internet. Debido a malas políticas al momento de implementar su red se basó en tecnologías norteamericanas para dar servicio el cual no recibió la acogida que querían en el mercado. Lo que generó que tenga que rentar la red de OTECEL para dar servicio GSM y ganar competitividad en el mercado. En el 2010 la CNT E.P. absorbe la compañía alegro pasando a ser propiedad del estado (Ortiz Morillo, 2010).

Posteriormente, el 30 de julio del 2010 se oficializó la fusión de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, CNT EP con la empresa de telefonía móvil Alegro. En el año 2011 la CNT EP hace una inversión de 72 millones de dólares para desplegar la red HSPA+ y en el 2014 instalara radio bases con tecnología HSPA+ para poder romper la brecha tecnológica que hay en el país. En este mismo año la CNT EP está implementando sobre sus redes la tecnología LTE (Ortiz Morillo, 2010).

3.4 RADIO BASES POR OPERADOR.

El Estudio de estas radio bases está centrado en la Provincia del Guayas, más específicamente en la ciudad de Guayaquil y más adelante en la UCSG. En el Ecuador las operadoras de SMA (Servicio Móvil Avanzado, término dado por la SUPERTEL a la telefonía celular) han repartido su red por todo el país para poder dar cobertura a la mayor cantidad de usuarios posibles. Como se puede observar en la Figura 3.3 el número total de estructuras para SMA en el país por operador hasta diciembre del 2013 era de 4494 de las cuales 2175 estructuras pertenecen a Claro, compañía que posee el mayor número de abonados en el país.

Analizando la Figura 3.3 podemos observar que las demás empresas de comunicaciones poseen un gran número de estructuras para SMA en el país Movistar posee un total de 1352 estructuras, mientras que CNT EP posee 967. Dicho esto podemos ver que la operadora de Claro es la que más cobertura da al país.

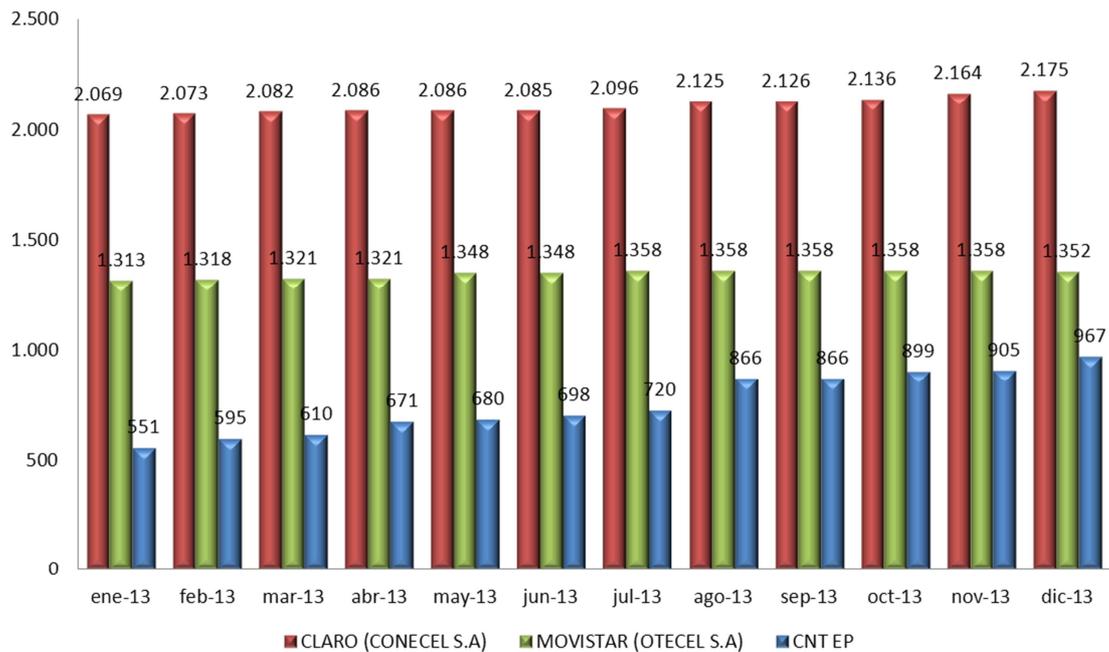


Figura 3.3: Número de estructuras para SMA en el Ecuador por operador.
Fuente: Biblioteca de informes de la SENATEL

3.4.1 Radio bases Claro.

En el Ecuador se han implementado todas las generaciones de redes que han surgido en el mundo desde que apareció la telefonía celular. Las redes en el Ecuador se están impulsando por las redes 4G siendo CNT EP la operadora que está implementando las primeras redes 4G en el país empezando por Guayas y Pichincha, pero para que estas redes ocupen todo el territorio nacional va a requerir de una gran cantidad de tiempo para que toda la red este implementada.

Tabla 3.3: Numero mensual radio bases por tecnología y provincia CONECEL S.A.

Radio bases CONECEL S.A.	dic-13		
	GSM 850	GSM 1900	UMTS 850
Azuay	87	42	48
Bolívar	21	10	7
Cañar	18	4	6
Carchi	25	12	8
Chimborazo	45	20	21
Cotopaxi	33	10	18
El Oro	74	52	39
Esmeraldas	71	48	39
Galápagos	9	5	0
Guayas	568	474	499
Imbabura	45	34	35
Loja	71	35	30
Los Ríos	93	52	49
Manabí	178	115	111
Morona Santiago	14	5	3
Napo	18	3	4
Orellana	22	13	16
Pastaza	8	2	4
Pichincha	428	278	366
Santa Elena	47	31	36
Santo Domingo de los Tsachilas	62	48	43
Sucumbíos	30	16	15
Tungurahua	47	26	29
Zamora Chinchipe	12	3	2

Fuente: Biblioteca de informes de la SENATEL

En la Tabla 3.3 podemos observar la cantidad de radio bases por provincia y por tecnología siendo GSM 850 la tecnología que más implementación tiene en la red de Claro sumando todas las radio bases tendríamos 2026. La red UMTS que es la tecnología usada para 3G de alta velocidad posee 1428 radio bases en todo el país, de esta cantidad la provincia del guayas posee 499 radio bases con tecnología UMTS, sin contar las otras radio bases de tecnologías usadas por CONECEL como se observa en la Figura 3.4.

Tabla 3.4: Implementación de tecnología UMTS en el país por Claro.

AÑOS	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PROVINCIA	UMTS					
Azuay	29	31	33	39	41	48
Bolívar	0	2	2	2	2	7
Cañar	0	0	6	6	6	6
Carchi	0	3	3	4	7	8
Chimborazo	9	11	12	14	18	21
Cotopaxi	8	10	12	13	16	18
El Oro	10	16	20	28	34	39
Esmeraldas	13	12	17	23	32	39
Galápagos	0	0	0	0	0	0
Guayas	157	163	262	343	425	499
Imbabura	15	17	21	26	32	35
Loja	0	18	21	23	24	30
Los Ríos	11	19	25	30	43	49
Manabí	27	44	51	79	94	111
Morona Santiago	0	0	0	2	3	3
Napo	0	1	2	2	3	4
Orellana	0	6	7	10	13	16
Pastaza	0	2	2	3	3	4
Pichincha	115	132	196	249	300	366
Santa Elena	0	19	22	33	35	36
Santo Domingo de los Tsachilas	0	20	22	29	38	43
Sucumbíos	0	7	8	9	13	15
Tungurahua	15	16	21	25	28	29
Zamora Chinchipe	0	0	0	1	0	2

Fuente: Biblioteca de informes de la SENATEL.

3.4.2 Radio bases Movistar.

Movistar al igual que Claro desplego su red en base a la tecnología que estaba implementándose en el mundo y que estaba evolucionando, como ya se vio la evolución de la red de Movistar, la tecnología que posee más radio bases es la de GSM 850 con 1350 estaciones base y de ahí le sigue la UMTS 850 con 1099 radio bases como se observa en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Número mensual radio bases por tecnología y provincia OTECEL S.A.

Radio bases OTECEL S.A.	dic-13		
	GSM 850	GSM 1900	UMTS 850
Azuay	72	39	57
Bolívar	12	1	8
Cañar	25	9	20
Carchi	16	0	10
Chimborazo	47	19	32
Cotopaxi	44	24	25
El Oro	43	12	26
Esmeraldas	36	6	27
Galápagos	6	5	0
Guayas	237	117	212
Imbabura	21	6	20
Loja	29	9	20
Los Ríos	40	0	32
Manabí	111	18	88
Morona Santiago	10	0	5
Napo	17	5	11
Orellana	17	0	11
Pastaza	9	6	8
Pichincha	388	363	394
Santa Elena	19	3	18
Sto Domingo de los Tsachilas	31	5	17
Sucumbios	16	0	13
Tungurahua	53	33	43
Zamora Chinchipe	9	0	2

Fuente: Biblioteca de informes de la SENATEL

A diferencia de la red de Claro la implementación de Movistar está más centrada en la región sierra, que posee mayor número de estaciones base que la red de Claro la cual su implementación está centrada en la región costa en donde posee mayor número de abonados que Movistar.

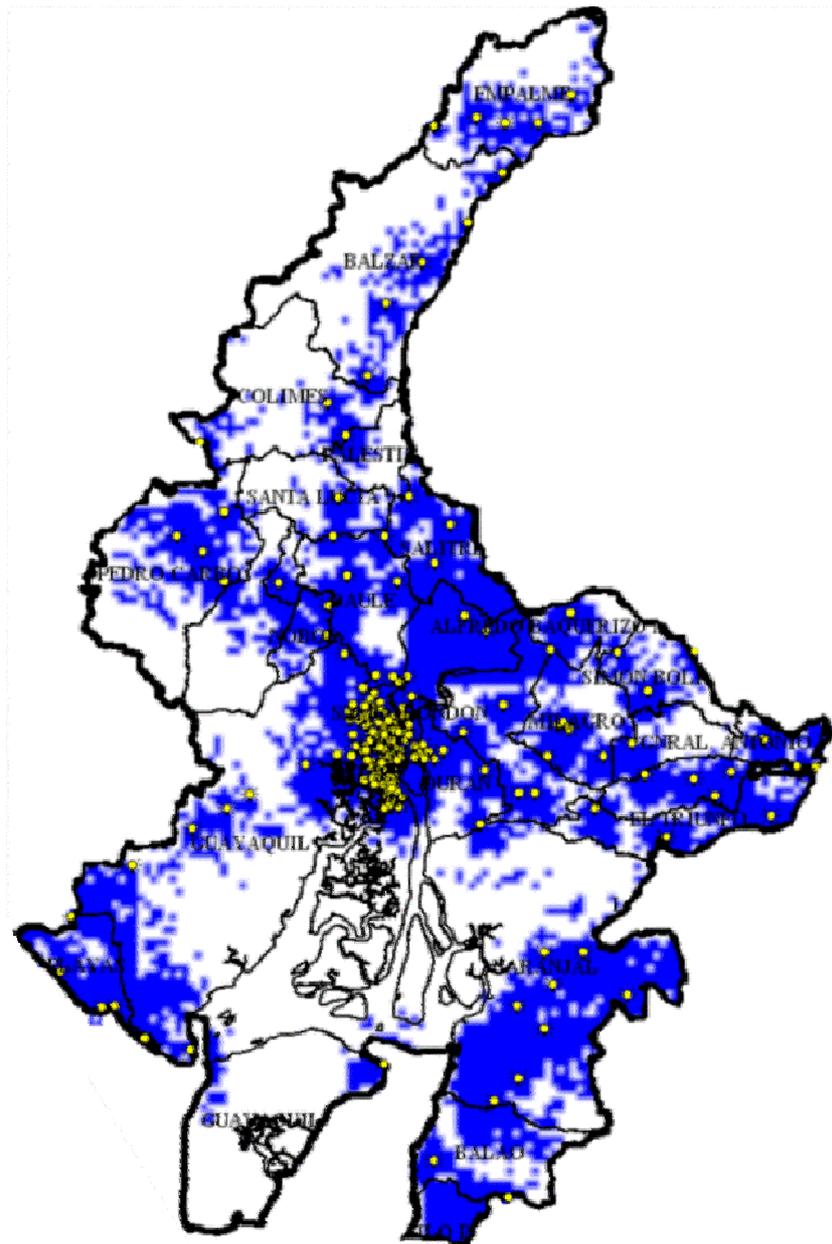


Figura 3.5: Cobertura provincia del Guayas – OTECEL S.A.
Fuente: Biblioteca de informes de la SENATEL.

Centrándonos en el análisis en la provincia del Guayas y más aún en la ciudad de Guayaquil podemos decir que Movistar posee un total de 566 estaciones base en la provincia del Guayas, aproximadamente mil radio bases menos de las que posee Claro, esto se debe a que el mayor número de abonados los tiene en la provincia de Pichincha en la cual tiene 1145 radio bases. Observando la Figura 3.5 y comparándola con la cobertura que tiene Claro en Guayas podemos ver que hay zonas en las que falta cobertura.

Tabla 3.6: Implementación de tecnología UMTS en el país por Otecel.

PROVINCIA	2009	2010	2011	2012	2013
	UMTS				
Azuay	15	28	30	43	57
Bolívar	0	0	8	8	8
Cañar	0	0	12	17	20
Carchi	0	0	10	10	10
Chimborazo	0	0	27	31	32
Cotopaxi	0	0	21	22	25
El Oro	0	7	12	22	26
Esmeraldas	0	3	22	24	27
Galápagos	0	0	0	0	0
Guayas	77	113	153	198	212
Imbabura	0	0	16	19	20
Loja	0	0	7	19	20
Los Ríos	0	0	21	31	32
Manabí	0	17	34	82	88
Morona Santiago	0	0	1	4	5
Napo	1	1	5	11	11
Orellana	0	0	3	8	11
Pastaza	0	0	2	7	8
Pichincha	130	192	226	346	394
Santa Elena	0	7	10	15	18
Santo Domingo de los Tsachilas	0	0	15	17	17
Sucumbios	0	0	2	7	13
Tungurahua	0	17	33	38	43
Zamora Chinchipe	0	0	1	2	2

Fuente: Biblioteca de informes de la SENATEL.

La red UMTS de Movistar se empezó a implementar en el año 2009, un año después de que Claro empezó a implementar su red. La gran diferencia de redes entre Claro y Movistar radica en el número de radio bases y de abonados pero aun así la implementación de movistar es muy constante con respecto a la tecnología de tercera generación como se puede observar en la tabla 3.6, esto genera que en las redes de Claro haya una mejor movilidad por parte de los usuarios sin perder la calidad de servicio, siempre y cuando no sea un sitio donde haya mucho tráfico de datos. Mientras que si en las redes de Movistar hay un sitio de mucho tráfico, las radio bases no van a abastecer la cantidad de

usuarios que se encuentren en un determinado momento en un área geográfica, hablando como un ejemplo un campus universitario.

3.4.3 Radio bases CNT EP (EX TELECSA).

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP es la empresa del estado que da SMA en el país. Pensando, desde el momento en que absorbió a Alegro, en mejorar y expandir de manera masiva sus redes con la mejor tecnología posible, para poder romper la brecha digital y poder llegar donde directamente las redes cableadas no llegan. Es por esto que en el presente año decidió implementar en las principales ciudades Guayaquil y Quito la primera red 4G LTE del País, la cual según los funcionarios de la CNT EP va a expandirse por todo el Ecuador. La red de CNT siempre estuvo orientada a la tecnología CDMA la cual actualmente ya está saliendo del país y las otras operadoras ya no la promueven como parte de sus servicios.

En el país solo la CNT da el servicio de CDMA para las personas que lo soliciten, pero solo permiten servicio de llamadas mas no para tener internet en los dispositivos móviles. Como podemos ver en la Tabla 3.5 la tecnología de CNT estaba implementada en CDMA pero tan solo en 2 años implementaron 749 radio bases con tecnología UMTS-1900 (Banda de 1900 MHz) y en el 2014 iban a implementar 400 radio bases adicionales en todo el país para poder brindar tecnología HSPA+. En la provincia del Guayas la implementación de radio bases con tecnología UMTS es de 150. Al igual que Movistar el número de usuarios es aún más bajo en comparación con lo que posee Claro, aun así 150 es una cantidad de radio bases muy bajas para todo el tráfico y para la cobertura que debería brindar en caso de que el número de usuarios aumente.

Tabla 3.7: Número mensual radio bases por tecnología y provincia CNT E.P.

Radio bases CNT EP	dic-13			
	CDMA	UMTS	LTE AWS	LTE 700
Azuay	22	26	0	0
Bolívar	1	1	0	0
Cañar	3	3	0	0
Carchi	3	10	0	0
Chimborazo	3	28	0	0
Cotopaxi	3	20	0	3
El Oro	7	11	0	0
Esmeraldas	6	20	0	0
Galápagos	0	5	0	0
Guayas	58	150	5	0
Imbabura	6	29	0	0
Loja	3	6	0	0
Los Ríos	4	7	0	0
Manabí	16	34	0	0
Morona Santiago	0	2	0	0
Napo	0	8	0	0
Orellana	0	6	0	0
Pastaza	0	6	0	0
Pichincha	69	270	58	0
Santa Elena	8	14	0	0
Santo Domingo de los Tsachilas	7	30	0	0
Sucumbíos	0	13	0	0
Tungurahua	9	47	0	0
Zamora Chinchipe	0	3	0	0

Fuente: Biblioteca de informes de la SENATEL.

La tabla 3.7 muestra que en la provincia del Guayas hay 150 radio bases UMTS lo que no cubre todo el área que comprende la provincia del Guayas o las ciudades principales, habiendo un problema que se denomina brecha digital en donde las personas que habitan en lugares donde no hay cobertura no puedan acceder a servicios por culpa de la operadora pública que debe abarcar todo la provincia. Otro punto importante es el hecho que la CNT alquila las radio bases de movistar para dar servicio por de llamadas por tecnología GSM.

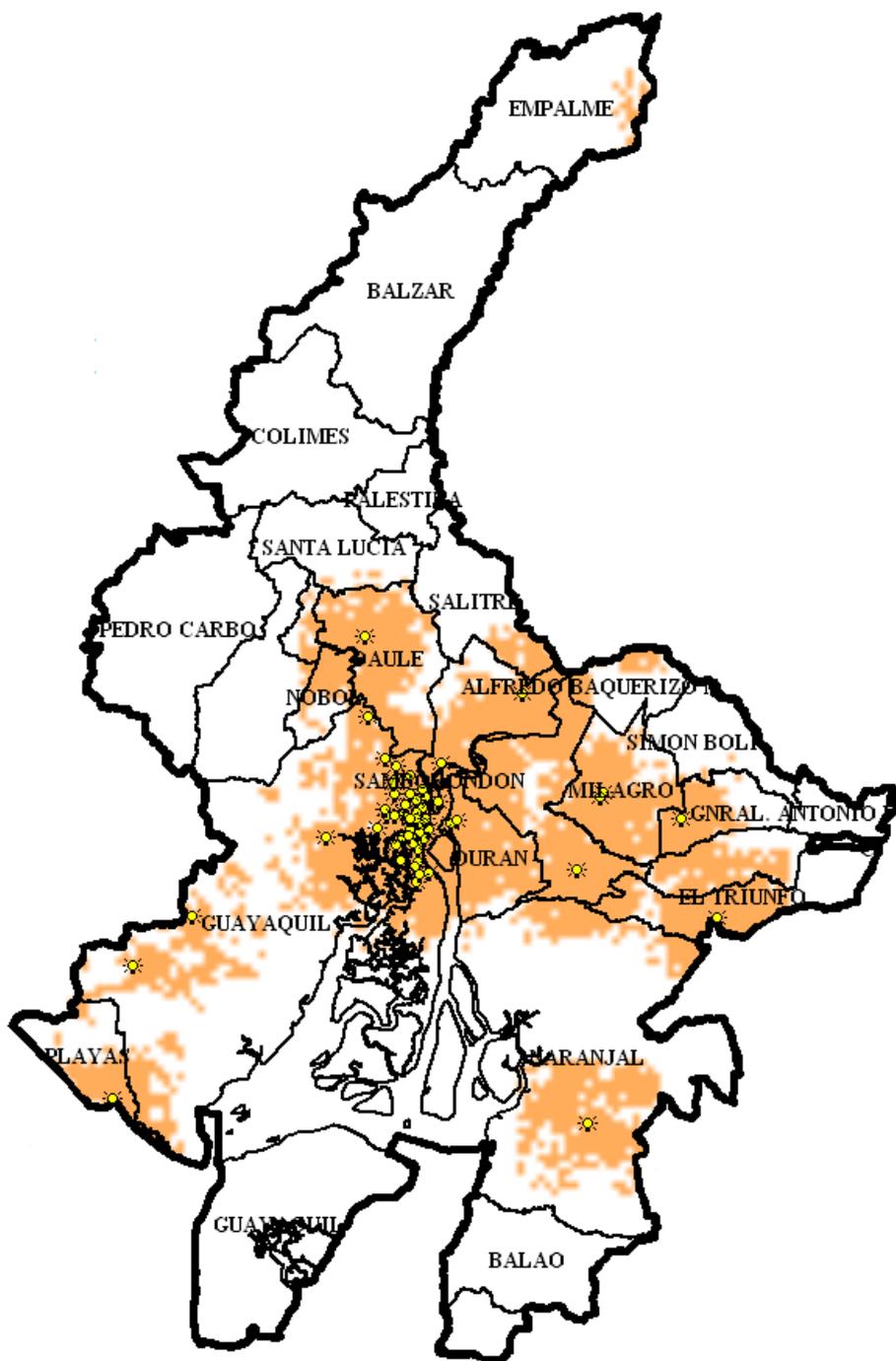


Figura 3.6: Cobertura provincia del Guayas – CNT E.P.
Fuente: Biblioteca de informes de la SENATEL.

En la Figura 3.6 podemos observar la cobertura que tiene CNT en la provincia del guayas en comparación con la de Claro no cubre todo el espacio que debería. Lo que produce que en ciertas provincias, no solo en Guayas, la conectividad que ofrece CNT a sus usuarios no sea la esperada.

Tabla 3.8: Implementación de tecnología en los últimos dos años por CNT.

PROVINCIA	2012	2013		
	UMTS 1900	UMTS 1900	LTE AWS	LTE 700
Azuay	18	26	0	0
Bolívar	0	1	0	0
Cañar	1	3	0	0
Carchi	3	10	0	0
Chimborazo	6	28	0	0
Cotopaxi	5	20	0	3
El Oro	7	11	0	0
Esmeraldas	8	20	0	0
Galápagos	1	5	0	0
Guayas	51	150	5	0
Imbabura	6	29	0	0
Loja	3	6	0	0
Los Ríos	2	7	0	0
Manabí	12	34	0	0
Morona Santiago	1	2	0	0
Napo	3	8	0	0
Orellana	2	6	0	0
Pastaza	1	6	0	0
Pichincha	110	270	58	0
Santa Elena	8	14	0	0
Sto Domingo de los Tsachilas	9	30	0	0
Sucumbios	2	13	0	0
Tungurahua	15	47	0	0
Zamora Chinchipe	1	3	0	0

Fuente: Biblioteca de informes de la SENATEL.

La tabla 3.8 muestra la implementación de estaciones base de la CNT la cual está aumentando de manera muy rápida dado que quieren cubrir todo el país dentro de poco tiempo para romper la brecha digital que hay en el país. La ventaja que presenta CNT sobre las otras operadoras es la implementación de LTE lo cual va a generar que la red de CNT sea de última tecnología y orientada a la evolución de la tecnología.

3.5 ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN UCSG.

La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) es una de las Universidades privadas de la ciudad de Guayaquil la cual posee un gran número de estudiantes.

Tabla 3.9: Población UCSG.

FACULTADES UCSG	Número de Estudiantes por Facultad
Facultad de Jurisprudencia	1413
Facultad de Ingeniería	698
Facultad de Arquitectura y Diseño	900
Facultad de Filosofía	1094
Facultad de Ciencias Económicas	2200
Facultad de Ciencias Medicas	3459
Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo	885
Facultad de Especialidades Empresariales	2339
Total	12988

Fuente: El Autor.

Como se puede observar en la Tabla 3.9 el número total de estudiantes en la UCSG es de 12988 estudiantes de los cuales según datos estadísticos tomados por encuestas (Ver Anexo 1) a una muestra de 300 estudiantes de distintas facultades se concluyó que de los 300 estudiantes 285 contaban con un teléfono móvil y de estos las operadoras se los repartían de la siguiente manera:

- Claro S.A.: 152 estudiantes.
- Movistar S.A.: 88 estudiantes.
- CNT E.P.: 45 estudiantes.

Siendo Claro la operadora que más usuarios presento en esta muestra. Al igual que en toda la región Costa y por ende en los estudiantes de la UCSG la empresa Claro domina el mercado.

3.6 RADIO BASES EN LA UCSG.

En las inmediaciones de la UCSG se puede presenciar a simple vista varias antenas en el edificio de Cómputo ubicado muy cerca del centro de copiado “Docucentro” de estas antenas seis pertenecen a la operadora de Claro las cuales están sectorizadas en 60 grados, estas antenas están distribuidas en los vértices de la terraza del edificio de cómputo. Claro cuenta con una radio base en la terraza del edificio de cómputo (Ver anexo 2) y este a su vez tiene enlace el cual conecta a una segunda radio base dentro de la UCSG, que está ubicada sobre uno de los Edificios de la Facultad de Economía (Ver anexo 3 y 4), esta radio base cuenta con seis antenas sectorizadas en 60 grados para dar servicio a las facultades que se encuentran cerca. Esta solución que implementa Claro es lo que genera que le dé cobertura a toda la universidad sin ningún problema dada las dos radio bases que tiene dentro de la UCSG.

Por otro lado la operadora Movistar cuenta con una radio base en el mismo edificio de cómputo (Ver Anexo 5). Movistar implementa 6 antenas sectorizadas en 60 grados para poder dar cobertura a todo el campus universitario a su vez Movistar cuenta con un enlace que esta direccionado fuera de la UCSG (Ver anexo 6)

Por ultimo CNT EP dentro de la UCSG no cuenta con una radio base y lo que llega a la universidad son las señales que llegan de otras radio bases las cuales a su vez cursan tráfico de otros sectores.

3.7 PROPUESTA.

En este estudio vamos a centrarnos en la CNT, ya que es la única operadora de la ciudad de Guayaquil que no tiene implementada una radio base en la UCSG, lo cual genera un malestar en los usuarios que estudian o laboran dentro del campus además de esto la CNT podría mejorar su cartera de clientes ofreciendo planes de datos basados en la tecnología HSPA+.

3.7.1 Espectro.

Al ser CNT una empresa estatal tiene un uso del espectro más extendido que lo que tienen las otras operadoras, aun así la tecnología que usa la CNT es UMTS en banda de 1900 MHz (UMTS 1900). Dado que UMTS puede trabajar en la banda 1900 MHz y 850 MHz. Por otro lado las otras operadoras trabajan con UMTS en la banda de 850 MHz (UMTS 850).

3.7.2 Localización.

Las operadoras Claro y Movistar tienen sus radio bases en el edificio de computo de la UCSG, dado que desde ese punto se pueden realizar los enlaces exteriores de manera más óptima y al momento de poner las antenas se pueden sectorizar de mejor manera.

Estudiando el sitio podemos ver en la Figura 3.7 en cual podemos observar la distribución de las estaciones base de Claro y de Movistar dejando un espacio lo suficientemente grande para poder instalar los equipos de la radio base de la CNT.



Figura 3.7: Distribución radio bases en edificio de cómputo.
Fuente: El autor.

Uno de los motivos por lo que las operadoras eligen el edificio de computo es porque una radio base debe situarse en un punto que visualmente sea predominante sobre el entorno en el cual se va a ubicar la radio base, para garantizar la máxima cobertura posible con la mínima potencia emitida. La terraza o azotea del edificio de cómputo permite la colocación de una caseta de equipos además de dar facilidad de colocar los mástiles y los soportes del

sistema radiante. Y por sobre todos los motivos está situado en el medio de la zona donde se quiere da cobertura, la ventaja de esto es que mientras más cerca este de la zona donde se quiere dar cobertura menos será la potencia utilizada por los equipos receptores y transmisores.

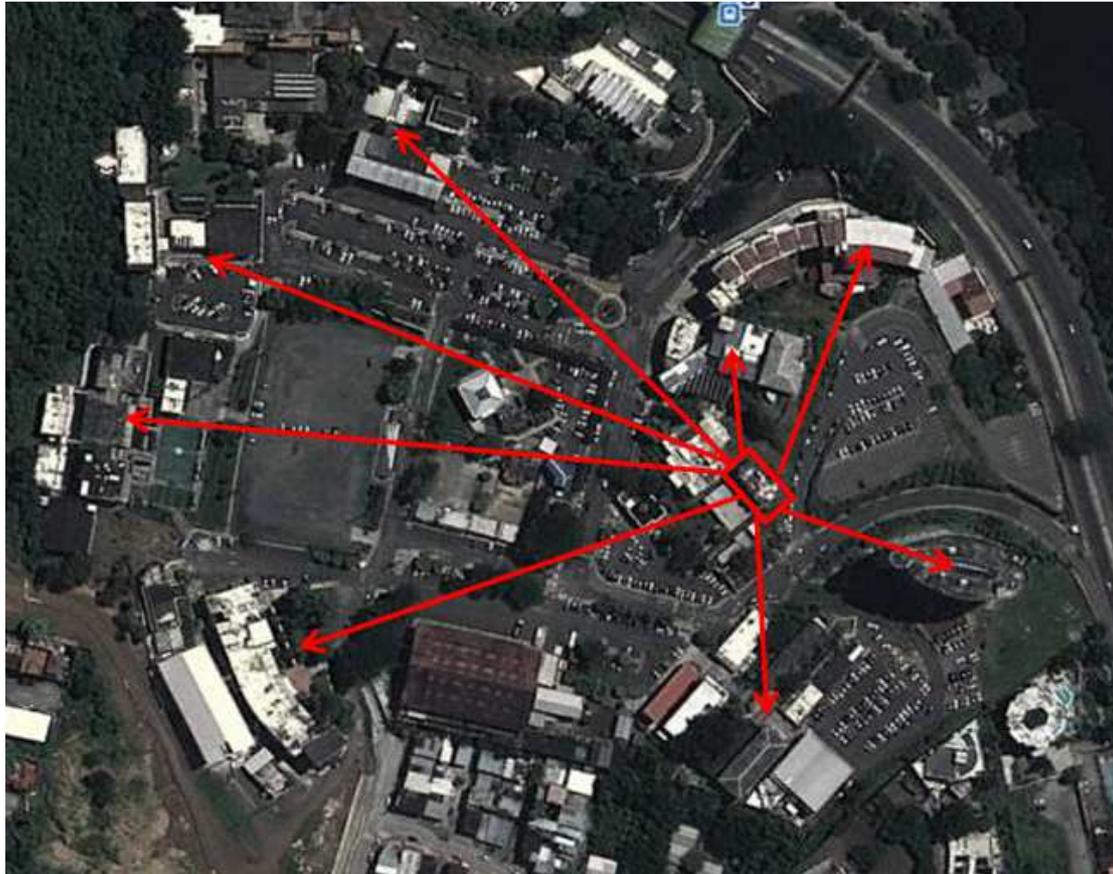


Figura 3.8: Vista satelital de la UCSG.
Fuente: El Autor.

Como podemos observar en la Figura 3.8 el edificio de cómputo es el sitio idóneo para poner la radio base de la CNT dado que todas las facultades se encuentran cerca del sitio de la instalación. Además de esto el edificio de cómputo está construido en una pequeña loma lo que le da más altura sobre los otros edificios, esto es muy beneficioso porque gracias a esto no será necesario hacer uso de una torre.

3.7.3 Sistema radiante.

El sistema radiante también es lo que se conoce como el sistema de antenas utilizadas para dar SMA, las cuales van a enviar y recibir las señales a los terminales móviles. El sistema UMTS se CNT trabaja en la banda de 1900

MHz, por ende las antenas van a trabajar en esta frecuencia. Para entornos urbanos las antenas deben estar orientadas adecuadamente para ofrecer servicio a una determinada área, es decir, antenas que emiten y reciben señal orientada hacia una dirección o sector, para esto se utilizan antenas direccionales pero no confundiéndolas con las antenas usadas para enlaces punto a punto. Para cumplir con el objetivo de dirigir las señales hacia un sector se usan las antenas sectoriales, estas antenas están dirigidas hacia una dirección pero para emitir las señales a un sector determinado.

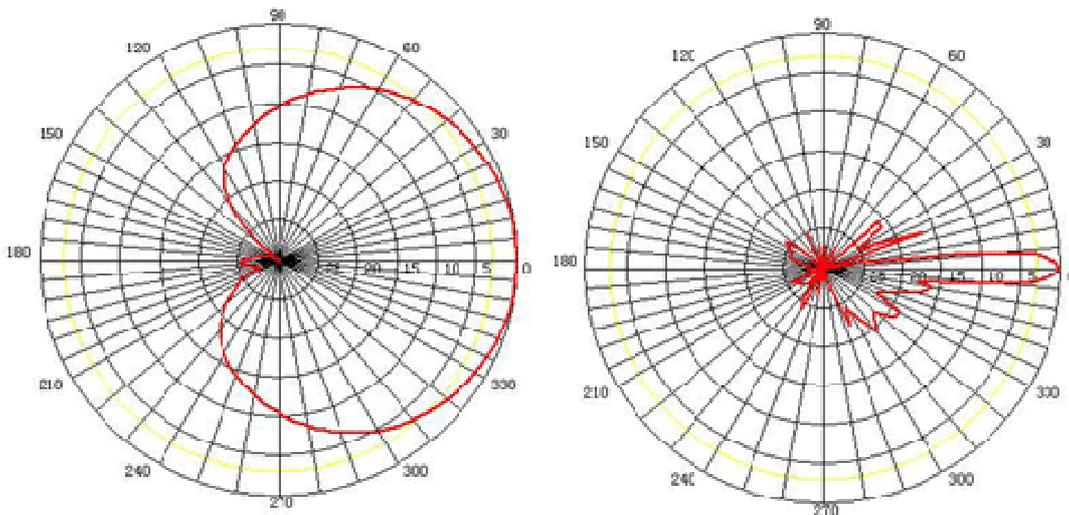


Figura 3.9: Diagrama de una antena de telefonía móvil digital vista horizontal y vertical.

Como se puede observar en la Figura 3.9 la antena emita las señales a un sector pero debe estar direccionada hacia el área donde se quiere dar el servicio. Para poder ubicar antenas en los exteriores del edificio de cómputo hay que tener en cuenta la inclinación de las antenas que se podrían instalar. Para esto se toman las distancias a donde quisiéramos dirigir la señal dado el tráfico en las diferentes facultades que es a donde se quisiera dar la señal de las antenas.

Tabla 3.10: Distancias facultades al edificio de cómputo

Facultades	Distancias edificio de computo
Jurisprudencia	65 m
Ingeniería	210 m
Facultad de Arquitectura y Diseño	230 m
Filosofía	275 m
Ciencias Económicas	290 m
Ciencias Medicas	248 m
Educación Técnica para el Desarrollo	125 m
Especialidades Empresariales	106 m
Humanidades	110 m

Fuente: El Autor.

Se puede observar en la Tabla 3.10 las distancias de las facultades al edificio de cómputo con esto de aquí y sabiendo la altitud del edificio de cómputo podríamos sectorizar el campus universitario como se observa en la Figura 3.10.



Figura 3.10: Sectorización del campus.

Fuente: El autor

El campus se lo dividió en sectores para poder enviar la señal a esos sectores específicos tomando en cuenta que la señal que se quiere dar está centrada en el área del campus. Un factor muy importante al momento de instalar antenas sectorizadas es el Down-tilt o la inclinación que tienen las antenas al momento de la instalación ya que esta inclinación determinara que tan lejos vamos a enviar nuestra señal. Cabe recalcar otro punto importante de esta investigación, que la señal que se va a transmitir es para exteriores, centrándonos no en la penetración de las estructuras sino en los campus y en las áreas donde la señal pueda ser recibida, diciéndolo de manera más concreta entregando la señal en los campus mas no dentro de las aulas.

Para poder saber la inclinación de las antenas que se podrían instalar y como queremos alcanzar lo más que se puedan las facultades vamos a darle una inclinación a la las antenas basándonos en las distancias de las facultades o de los sectores señalados anteriormente (Ver Tabla 3.10).

Tabla 3.11: Inclinación para sector

Sectores	Down-tilt	Azimut
Sector 1	22º	3º
Sector 2	21º	98º
Sector 3	22º	172º
Sector 4	9º	238º
Sector 5	9º	264
Sector 6	10º	295º

Fuente: El Autor.

Dada la inclinación de las antenas por sector podemos sacar el azimut de las antenas colocadas haciendo trazados en Google Earth y sacando la apertura de las antenas tomando en cuenta el punto más lejano donde se quisiera dar señal (Ver Tabla 3.11).

3.7.4 Equipos a usar para la propuesta.

Los equipos que utiliza la empresa CNT pueden ser de dos proveedores la empresa HUAWEI o ALCATEL LUCENT ambas son proveedoras de

estaciones base para las diferentes operadoras del país, lo que se propondría a la CNT es una BTS la cual cumpla con los requisitos de la red, para esto se propone el uso de un equipo Huawei el cual se adapta a las necesidades y nos da apertura al momento de expandirnos a otra tecnología. Actualmente los proveedores de equipos de telefonía móvil para radio base son muchos como: Ericsson, Nokia, Siemens, Huawei, Alcatel, etc. cada uno con sus características. Al final la arquitectura de red y el estándar GSM y UMTS hacen que las diferencias entre un proveedor de tecnología y otro sean muy pocas.

El Nodo B (Estación Base) es un conjunto de equipos que radian señal celular sobre un área determinada. De acuerdo a lo analizado, el Nodo B que se va a necesitar debe trabajar con la frecuencia de 1900 MHz, a parte debe soportar un tráfico no muy alto dado que la cantidad de usuarios es muy poca. Con respecto a los equipos que se podrían usar en este análisis tenemos dos opciones Alcatel-Lucent y Huawei. Ambos proveedores de tecnología tienen equipos que trabajan en el rango de frecuencias de 850 a 1900 MHz y pueden soportar hasta un tráfico de 15 Mbps lo cual cumple con creces los requerimientos de este análisis. Como se observa en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12: Equipos nodos B

NODO B	Alcatel-Lucent	Huawei 3900
Frecuencia (MHZ)	850/1900	850/1900
Metodo de Acceso	FDD/TDD	FDD
Potencia	20/40 W	40 W
Interfaz	E1/T1	E1/T1/STM1

Fuente: El Autor.

El Nodo B está compuesto por los siguientes componentes:

- Unidad de Banda Base (BBU): este equipo se encuentra en la sala de equipos que procesa toda la información de la estación y la envía a la central.
- Unidad de Radio Remota (RRU): es el equipo que se encuentra en la torre y prepara la señal de la Unidad de Banda Base para ser radiada a través de las antenas en toda la zona de cobertura.

- Antenas: las cuales radian la señal de la Unidad de Radio Remota en la zona de cobertura de la antena. Las antenas sectoriales a usarse podrían ser con las especificaciones de una marca llamada Powerwave modelo 7720.00 la cual puede trabajar en la banda de 1950 MHz y con una ganancia de 16 dBi.

CAPÍTULO 4

4.1 CONCLUSIONES.

Como conclusión de este estudio de titulación se puede definir que el principal problema de sufre la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil es la falta de una buena implementación de radio bases dentro del campus, el área que limita la universidad es un lugar donde convergen demasiados usuarios en un determinado tiempo, dicho esto se podría traer el ejemplo de telefonía móvil explicado en el capítulo 2, en el cual una sola radio base desea abastecer de servicio a los usuarios en un determinado momento, lo que genera que la radio base no proporcione el servicio apropiado.

Se puede concluir como unos de los puntos más importantes y base para la propuesta explicada es la implementación que se hace por el hecho de que la CNT no posee una estación base dentro de la UCSG.

La conclusión con respecto a la implementación que tiene Claro dentro de la universidad es la correcta, dos radio bases dentro de la universidad para cursar el tráfico del campus, genera que sus radio bases no colapsen y estén funcionales en todo momento. Estas radio bases a su vez solo están cursando el tráfico dentro de la universidad y algo del tráfico que se genera fuera de la universidad el cual es mínimo.

Hablando de la implementación que tiene Movistar es la que se da en el ejemplo del capítulo 2, la radio base instalada dentro de la universidad para todo el índice de datos que se producen en picos, en donde los estudiantes urgen por comunicarse o conectarse a internet satura la única radio base que existe de esta operadora dentro de la UCSG.

Por ultimo hablando de la red de CNT que está en expansión continúa, podemos sacar algunas conclusiones, la primera es que los usuarios de la operadora CNT están creciendo cada año más, lo que genera más demanda

de internet móvil. Dentro de la UCSG la CNT no tiene ninguna radio base implementada por eso se realiza esta propuesta para que la universidad cuente así con la implementación adecuada de las 3 operadoras, con la implementación de esta radio base se evitara que el tráfico que se genera con respecto a lo que es datos se maneje internamente dentro de las radio bases implementadas en la universidad.

El centro de cómputo es un lugar en el cual convergen 2 operadoras y muy pronto una tercera dado que este estudio concluye que la falta de una radio base es necesaria dado la falta de implementación de una de las operadoras, este tipo de implementaciones en terrazas de edificio como el edificio de computo son muy viables porque reducen gastos de infraestructura como lo es una torre metálica la cual conlleva gastos de obra civil y tiempo en la construcción.

En cuanto a la tecnología con que se implementan las radio base están basadas en UMTS la cual se viene desplegando desde el 2008 por Claro, desde el 2009 por Movistar y desde el 2010 por la CNT, esto quiere decir que las operadoras pueden dar servicio de la tecnología HSPA+ sin necesidad de cambiar sus redes para brindar a los estudiantes de la UCSG experiencias de velocidad únicas con servicios que antes no se podían ofrecer por el poco ancho de banda que existía.

Se puede concluir finalmente que con las 3 operadoras dentro de un solo campus no existiría problema de conexiones en cuanto al servicio de internet móvil dado que las interconexiones no saldrían el campus abarcando todo la interconexión que se requiere

4.2 RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones que podría dar en cuanto al estudio realizado, principalmente va dirigido a las operadoras, las cuales manejan políticas de privacidad muy estrictas, gracias a eso no se pudo acceder a datos de tráfico,

datos de las estructuras que ellos implementan y de los equipos que manejan, sería muy bueno y provechoso que las operadoras apoyen a los estudiantes universitarios a poder que ellos mediante proyectos como estos sepan el funcionamiento clave y de equipos que se usan actualmente en la evolución hacia las redes 4G, todo esta falta de información genera que solo se sugieran equipos para la implementación y que la operadora decida que equipos ellos usarían para lo que ellos decidan.

Se recomienda a las operadoras implementar soluciones como la que da Claro, la cual es una solución muy eficaz en todo aspecto y así se preparan para el crecimiento constante de la población la cual va a seguir creciendo dentro de las universidades en especial la UCSG ahora este tipo de implementación se puede usar en campus aún más grandes siendo muy eficaz al momento de abarcar gran cantidad de usuarios.

Una recomendación hacia los usuarios de las operadoras es observar los detalles de los equipos que compran y que no están dentro de los que comercializan las operadoras del país. Esta recomendación se da por la actual implementación de las redes de alta velocidad y puede pasar que los usuarios adquieran un equipo que no sea compatible con las redes que se manejan en el país.

BIBLIOGRAFÍA

- 4G Americas. (2011). *4G Americas*. Obtenido de http://www.4gamericas.org/documents/4G%20Americas%20White%20Paper_The%20Evolution%20of%20HSPA_October%202011x.pdf
- actualidad, R. (23 de Febrero de 2012). *RT*. Obtenido de RT : <http://actualidad.rt.com/ciencias/view/39572-Ericsson-calcula-6.000-millones-de-usuarios-de-celulares-en-mundo>
- Chimbo Rodríguez, M. C. (27 de Abril de 2012). *Repositorio Digital UPS*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2072>
- Conde, R. (2010). *About.com Celulares*. Obtenido de [http://celulares.about.com/:](http://celulares.about.com/)
http://celulares.about.com/od/Preguntas_frecuentes/a/Que-Significan-1g-2g-3g-Y-4g.htm
- Figuroa de la Cruz, M. M. (2008). *Introduccion a los Sitemas de Telefonía Celular*. Buenos Aires: HASA.
- Marcano, D. (2010). *WiMAX Móvil*. Obtenido de [http://www.pucp.edu.pe/:](http://www.pucp.edu.pe/)
http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion_telecomunicaciones/Capitulo%202%20Generalidades%20de%20Redes%20Celulares.pdf
- Moya Corrales, C. J. (marzo de 2011). *Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4126/1/CD-3495.pdf>
- Ortiz Morillo, D. F. (22 de Octubre de 2010). *Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2502>
- Redacción Negocios. (4 de Diciembre de 2013). En Ecuador hay 3,7 millones de dispositivos móviles con internet. *El Comercio*.
- SUPERTEL. (2012). Evolución de la telefonía móvil en Ecuador. *Supertel No. 16*, 4-6.
- Bernal, I. (2005). Comunicaciones Inalámbricas. *Escuela Politécnica Nacional*. Retrieved from

<http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/Sep07Feb08/ComInalamm/ClasesNuevas/Celulares.pdf>

Burneo, P., & Siguenza, P. (n.d.). Evolucion del sistema celular hacia UMTS. Retrieved from

http://www.researchgate.net/publication/235649962_Evolucion_del_sistema_celular_hacia_UMTS/file/d912f51245fc96c915.pdf

De la Cruz, Á. P., Villalba, R. L., Castellanos, S., Guerrero, A., Pinilla, L. P., Castellanos, L., ... Latorre, G. (2004). Evolución de los sistemas móviles celulares GSM 13. Retrieved from

http://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/889

Fernández Salmerón, V. (2010). Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS. Retrieved from

<http://dspace.cc.upv.es/handle/10251/8972>

ANEXOS

Anexo 1

LA BASE DE ESTA ECUESTA SE HIZO SOBRE UNA MUESTRA DE 300 PERSONAS DE LA POBLACION TOTAL DE LOS CUALES LA TAZA DE ERROR DE ESTE SETUDIO ES DE MAS/MENOS EL 8% DE ESTOS RESULTADOS

Pregunta 1

1. Su teléfono celular le permita acceder a aplicaciones que consuman servicio de datos.

SI	285
NO	15

2. De las aplicaciones que consumen servicio de datos cuál de estas usa con más frecuencia dentro de la UCSG

YOUTUBE.	28
SKYPE	3
WHATSAPP	104
VINE	15
FACEBOOK	45
TWITTER	62
LINE	17
INSTAGRAM	11

3. Siente Ud. Que al momento que ingresa a la UCSG los servicios de datos que le da su operador comienzan a fallar.

SI	159
NO	126

4. ¿Qué operador le provee servicios de datos móviles?

CLARO	152
MOVISTAR	88
CNT	45

5. Estando en la UCSG en que momentos del día le da problemas de conectividad su celular (Especifique horas del día Ej.: 4 pm)

7 AM A 8AM	3
8AM A 9AM	9
9AM A 10AM	44
10 AM A 11AM	53
11 AM A 12 PM	26
12 PM A 1 PM	7
1 PM A 2 PM	12
2 PM A 3 PM	5

6. Esta Ud. Conforme con los servicios que le brinda su operador dentro de la UCSG.

SI	120
NO	165

Anexo 2



Fotografía de la radio base de CLARO con un enlace que se direcciona el cerro Santa Ana.

Anexo 3



Enlace de claro que conecta con su segunda radio base en el edificio de la facultad de economía.

Anexo 4



Direccionamiento del enlace de Claro hacia la facultad de economía donde se encuentra la segunda radio base.

Anexo 5



Radio base de Movistar en la terraza del edificio de cómputo.

Anexo 6



Enlace de Movistar el cual se direcciona a otra estación base localizada fuera de la UCSG.

Anexo 7



Instalación de la base para los equipos de la radio base de la CNT.

Anexo 8

Dual Broadband Antennas

7750.00 Dual Broadband Cross Polarized

POLARIZATION: X-Pol
 FREQUENCY (MHz): 824-960, 1710-2170
 HORIZONTAL BEAM WIDTH (°): 65
 GAIN (dB)(dBd): 15.2/13.1, 18/15.9
 TILT: MET
 LENGTH: 1.4m (4'7")

ELECTRICAL SPECIFICATIONS*

Frequency range (MHz)	824-960		1710-2170		
	824-896	880-960	1710-1880	1850-1990	1900-2170
Frequency band (MHz)	824-896	880-960	1710-1880	1850-1990	1900-2170
Gain (dB)(dBd)	14.6/12.5	15.2/13.1	17.5/15.4	17.7/15.6	18/15.9
Polarization	Dual linear ±45°		Dual linear ±45°		
VSWR	50		50		
Horizontal beam width, -3 dB (°)	<1.5:1		<1.5:1		
Vertical beam width, -3 dB (°)	69	67	65	65	62
Electrical down tilt (°)	14.9	13.7	6.9	6.6	6.2
Side lobe suppression, vertical 1st upper (dB)	2 to 12		0 to 8		
Isolation between inputs (dB)	>18,17,16,16,15,15Ⓞ	>18,17,16,16,15,15Ⓞ	>18,16,16,15,14Ⓞ	>18,16,16,15,14Ⓞ	>18,16,16,15,14Ⓞ
Inter band isolation (dB)	30	30	30	30	30
Tracking, horizontal plane ±60° (dB)	40		40		
First null fill (dB)	<-1.0	<-1.0	<-2.0	<-2.0	<-2.0
Vertical beam squint (°)	<-25	<-25	<-25	<-25	<-25
Front to back ratio (dB)	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3
Front to back ratio, total power (dB)	>27	>27	>27	>27	>27
Cross polar discrimination (XPD) 0° (dB)	>24	>24	>24	>24	>24
Cross polar discrimination (XPD) ±60° (dB)	15	15	20	20	20
Far field coupling	10	8	7	> 7	> 7
IM3, 2xTx@43dBm (dBc)	<-0.33	<0.48	<0.62	<0.62	<0.62
IM7, 2xTx@43dBm (dBc)	<-153		<-153		
Power handling, average per input (W)	-		<-160		
Power handling, average total (W)	300		250		
Power handling, average total (W)	600		600		

MECHANICAL SPECIFICATIONS*

Connector	4 x 7/16 DIN Female
Connector position	Bottom
Dimensions, HxWxD, mm (ft)	1408x280x125mm (47"x11"x4")
Mounting	Pre-mounted heavy duty brackets
Weight, with brackets, kg (lbs)	17.6 (39)
Weight, without brackets, kg (lbs)	12.1 (27)
Wind load, front/lateral/rear side 42 m/s Cd=1.0 (N)	952
Maximum operational wind speed, m/s (mph)	42 (93)
Survival wind speed, m/s (mph)	55 (123)
Lightning protection	DC grounded
Radome material	GRP
Packet size, HxVxD, mm (ft)	1550x355x255 (5'1"x1'2"x1'0")
Radome colour	Light Grey
Shipping weight, kg (lbs)	21.5 (47.3)
RET	7020.00, 7031.00, 7032.00, 7033.00
Brackets	7258.00, 7454.00, 2210.10



*All specifications subject to change without notice. Please contact your Powerwave representative for complete performance data.

ANTENNA PATTERNS*

For detailed patterns visit www.powerwave.com/antennapatterns.asp.

