



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DE UNA RED UMTS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL"

TESINA DE SEMINARIO

Previa a la Obtención del Título de:

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Presentado por:

Francisco Antonio Villalobos Cruz

Santiago René Ortega Romero

René Javier Andrade Mora

Guayaquil – Ecuador

2010

AGRADECIMIENTO

❖ A NUESTROS PADRES

Por su paciencia e incondicional apoyo.

❖ A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Por acogernos durante estos años.

❖ A TODOS LOS PROFESORES

Por sus enseñanzas y aportes a nuestra formación.

❖ AL ING. WASHINGTON MEDINA

Director del Seminario de Graduación.

Por su ayuda y colaboración.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Washington Medina

PROFESOR DEL SEMINARIO DE
GRADUACIÓN

Ing. Juan Carlos Avilés

PROFESOR DELEGADO DEL
DECANO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, nos corresponden exclusivamente; y la propiedad intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”. (Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)

Francisco Villalobos Cruz

Santiago Ortega Romero

René Andrade Mora

RESUMEN

La Presente tesina de graduación plantea la factibilidad de implementar una red UMTS en la ciudad de Guayaquil, la necesidad de cubrir la demanda de servicios avanzados de telecomunicaciones, requiere la implementación de una nueva tecnología que permita brindar dichos servicios.

En la primera parte del estudio de factibilidad, se plantea una breve descripción de los elementos que conforman la red UMTS y se explica de forma general la función y desempeño de estos elementos.

En la parte intermedia de nuestro trabajo hacemos cálculos matemáticos que nos permiten obtener una proyección de datos, con los cuales se determina la cantidad máxima de usuarios y distancia máxima de cobertura en que una radio base puede trabajar, sin afecciones en la calidad de servicio.

Finalmente, con los resultados obtenidos anteriormente, se procede a determinar la viabilidad económica del proyecto a través de un estudio de mercado y un flujo de caja proyectado que determino la rentabilidad del proyecto.

INDICE

RÉSUMEN.....	iv
INDICE.....	V
ABREVIATURAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1: GENERALIDADES UMTS.....	3
1.1 INTRODUCCIÓN A UMTS.....	4
1.2 ARQUITECTURA DE RED UMTS.....	5
1.3 Núcleo de Red (Core Network).....	6
1.4 UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network).....	9
1.4.1 Sistema de Red de Radio (Radio Network System, RNS).....	10
1.4.2 Controlador de Red de Radio (Radio Network Controller, RNC).....	10
1.4.3 Nodo B.....	11
1.5 INTERFACES DE UTRAN.....	12
1.6 Equipo de Usuario (UE) o Estación Móvil.....	12
1.7 ESPECTRO UMTS.....	13
1.8 WCDMA.....	15
1.8.1 Principales características de WCDMA.....	16
1.8.1 Especificaciones Técnicas de WCDMA.....	17
1.9 TRANSMISIÓN DÚPLEX.....	17
1.10 CALIDAD DE SERVICIO (QoS).....	19
1.11 SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE ENLACES RADIOELECTRICOS.....	22
CAPITULO 2: PARAMETROS DE DISEÑO DE UNA RED UMTS.....	26
2.1 TIPO DE AMBIENTE (CLUTTER).....	27
2.2 TIPOS DE CELDAS.....	28
2.3 CÁLCULO DEL ÁREA DE LA CELDA Y DISTANCIA ENTRE SITIOS.....	29
2.4 TIPO DE USUARIOS.....	31
2.5 MODELOS DE PROPAGACIÓN.....	32
2.5.1 Modelo de una Pendiente.....	32
2.6 Ecuación de distancia en función de la pérdida esperada.....	35
2.7 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA UMTS.....	37
2.8 DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO.....	43
2.9 FACTORES DEMOGRÁFICOS.....	44
2.9.1 Determinación de las áreas de servicio.....	44
CAPITULO 3: FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DE UNA RED UMTS EN LA CIUDAD DE GUAYQUIL.....	46

3.1 ESTUDIOS PREVIOS DEL MERCADO DE TELEFONÍA MÓVIL.....	47
3.2 USUARIOS Y TENDENCIA DE TECNOLOGÍA UMTS EN ECUADOR.....	54
3.3 TENDENCIA DE USUARIOS UMTS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.....	55
3.4 INVERSION Y GASTOS.....	58
3.5 TARIFAS DE NUESTROSSERVICIOS.....	63
3.6 FLUJO DE CAJA PROYECTADO	66
3.6.1 Evaluación Financiera	69
3.6.1 Rentabilidad del Proyecto	69

BIBLIOGRAFÍA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ABREVIATURAS

1G	First Generation
2G	Second Generation
3G	Third Generations
4G	Fourth Generations
3GPP	3rd Generation partnership project
3GPP	2 3rd Generation partnership project
AAL2	ATM Adaptation Layer 2
AAL5	ATM Adaptation Layer 5
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AuC	Authentication Center
BS	Base station
BSIC	Base Station Identification Code
BSS	Base Station Subsystem
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
CDMA	Code Division Multiple Access
C/I	Carrier/Interference
CN	Core Network
CS	Circuit Switched
DL	Down Link
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Evolution
EIR	Equipment Identity Register

FDD	Frequency Division Duplex
GMSC	Gateway Mobile Switching Centre
GPRS	General Packet Radio System
GSM	Global System for Mobile Communications
GSN	GPRS Support Node
HLR	Home Location Register
HO	Handover
IPv6	Internet Protocol versión 6
IMT-2000	International Mobile Telecommunications 2000
Iu	UTRAN interface
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
MIP	Mobile Internet Protocol
NC	Network Control
PC	Power Control
QoS	Quality of Service
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network Subsystem
RRC	Radio Resource Control
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIM	GSM Subscriber Identity Module
TDD	Time Division Duplex
TRX	Transceiver

UE	User Equipment
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USIM	Universal Subscriber Identity Module
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VLR	Visiting Location Register
WCDMA	Wideband CDMA

FIGURAS

Figura 1.1: Arquitectura UMTS. [1].....	6
Figura 1.2: Arquitectura en capas de red 3G	9
Figura 1.3: Arquitectura UTRAN.....	9
Figura 1.4: Espectro UMTS.....	14
Figura 1.5: Proceso de Ensanchamiento y Des-Ensanchamiento Señales.....	16
Figura 1.6: Transmisión Dúplex.	18
Figura 1.7: Arquitectura de Calidad de Servicio.....	19
Figura 1.8: Atributos de Calidad de Servicios en UMTS.....	22
Figura 1.9: Cobertura radioeléctrica combinada.	23
Figura 1.10: Interferencia entre las BTS con relación a un móvil.....	24
Figura 1.11: Análisis de la Zona de Fresnel	25
Figura 2.1: Tipos de celdas en UMTS.	29
Figura 2.2: Sitios de 3 celdas Hexagonales.	29
Figura 2.3: Distancia y Rango de la celda.	30
Figura 2.4: Capas: Macro FDD, Micro FDD, Pico FDD.....	43
Figura 2.5: Zona de Cobertura esperada en Guayaquil.....	45
Figura 3.1: Porcentaje de aceptación de las operadoras	49
Figura 3.2: Disponibilidad de la gente para cambiar de operadora.....	49
Figura 3.3: Aceptación de los servicios	50
Figura 3.4 Atribución de las bandas PCS en Ecuador	59
Figura 3.5: Personas dispuestas a pagar por servicio ilimitado	52
Figura 3.6: Personas dispuestas a pagar por información descargada	53
Figura 3.7: Personas dispuestas a pagar por tiempo de utilización	53
Figura 3.8: Personas dispuestas a pagar en forma de post pago	53
Figura 3.9: Usuarios de tecnología UMTS en Ecuador	54
Figura 3.10: Tendencia de usuarios UMTS Ecuador	55
Figura 3.11: Distribución de mercado de telefonía móvil	52

TABLAS

Tabla 1.1: Especificaciones técnicas de WCDMA	17
Tabla 2.1: Modelo de propagación de Macrocela.....	34
Tabla 2.2: Parámetros de Perdidas en función del Ambiente.....	37
Tabla 3.1: Usuarios de UMTS CONECCEL.....	48
Tabla 3.2: Usuarios de UMTS OTECEL.....	48
Tabla 3.3: Posibles usuarios de Nuestra empresa	57
Tabla 3.4: Costos de Equipos del Core	60
Tabla 3.5: Valores de los elementos necesarios para instalación de BTS	61
Tabla 3.6: Costo por instalación de BTS	62
Tabla 3.7: Porcentaje de valores por licencias	62
Tabla 3.8: Costos y Gastos Operativos y de Servicio.....	63
Tabla 3.9: Tarifas de Modem UMTS Postpago	65
Tabla 3.10: Tarifas de Modem UMTS Prepago	65
Tabla 3.11: Tarifas de UMTS en telefonía PostPago	65
Tabla 3.12: Tarifas de UMTS en telefonía Prepago.....	66
Tabla 3.13: Resumen del Flujo Proyectado mensual en el primer año	67
Tabla 3.14: Resumen del Flujo Proyectado Anual.....	68

INTRODUCCIÓN

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación, es una nueva tecnología de comunicaciones por radio que creará un canal de bits para ofrecer acceso móvil a servicios basados en Internet.

Dado que es necesario familiarizarse con una red UMTS, se realizara una breve descripción de los elementos que conforman la red, tales como el CN (núcleo de la red), UTRAN (Unidad terrestre de radio acceso), UE (equipo de usuario) y la función que desempeñan estos elementos para poder brindar el servicio con dicha red.

Puesto que para el desarrollo de un estudio de factibilidad de implementar una red UMTS en la ciudad de Guayaquil, es necesario tener conocimientos de su topología, densidad de población y cantidad de usuarios que pueden ser atendidos por una radio base, hemos desarrollado un estudio de estos parámetros que nos darán una idea clara de las situaciones que se deben considerar en este desarrollo.

Adicionalmente, el cálculo que se realizara para determinar la cantidad de usuarios, nos dará una idea clara y general respecto a la cantidad de radio bases para brindar cobertura a toda la ciudad, como la cantidad de usuarios

que es posible dar servicio según la densidad de población del sector donde se ubica la radio base.

Para determinar la viabilidad del proyecto, se desarrollara un estudio de mercado, para apuntar a un segmento de población al cual se le pueda brindar el servicio, un flujo de caja para determinar la inversión y gastos, y un flujo de caja proyectado que determinara la rentabilidad del proyecto como negocio de brindar los servicios a través de la red UMTS.

CAPITULO 1: GENERALIDADES UMTS

1.1 INTRODUCCIÓN A UMTS

Motivados por las condiciones del mercado y la necesidad de poder ofrecer servicios mucho más sofisticados como es el caso de los servicios multimedia, se planteó la necesidad de una nueva generación celular, capaz de brindar características de mayor capacidad y velocidad.

UMTS ofrecerá capacidades de servicios flexibles, voz móvil digital, video, servicios multimedia, datos, y otra capacidad de servicios vía acceso inalámbrico mediante el uso de una sola terminal de usuario (móvil).

UMTS representa una evolución en términos de capacidad, velocidad de datos, y capacidad de nuevos servicios de redes móviles de segunda generación. UMTS ha sido especificada como una solución integral para voz móvil y datos con área de cobertura ancha.

Lo que UMTS nos ofrece es:

- Facilidad de uso, los terminales están disponibles en una amplia gama para facilitar el acceso a los distintos servicios.
- Bajo coste, éste debido a la globalización de la tecnología, garantiza un mercado masivo.
- Servicios nuevos y mejorados, los servicios de voz seguirán manteniendo su dominio durante algunos años, otros servicios que

pasarán a ser básicos serán los de datos e información, estos íntimamente relacionados con el acceso a la Internet a través de UMTS.

- Velocidad de acceso rápida. Con respecto a la segunda generación móvil (2G), esta nueva tecnología, hace posible la transmisión de datos a altas velocidades. Debido a esto, el soporte para servicios multimedia interactivos y servicios de banda ancha, como aplicaciones de video llamada está garantizada.

1.2 ARQUITECTURA DE RED UMTS

Una red UMTS se compone básicamente de un Núcleo de Red (Core Network, CN), una red de Acceso de Radio (UMTS Terrestrial Radio Access Network, UTRAN) y el Equipo de Usuario (UE) o Estación Móvil (MS) tal como se indica en la figura 1.1; a estos componentes de UMTS también se los conoce como Dominios. La arquitectura UMTS ha sido definida para facilitar el proceso de migración desde las redes GSM/GPRS hacia UMTS, además para poder trabajar conjuntamente.

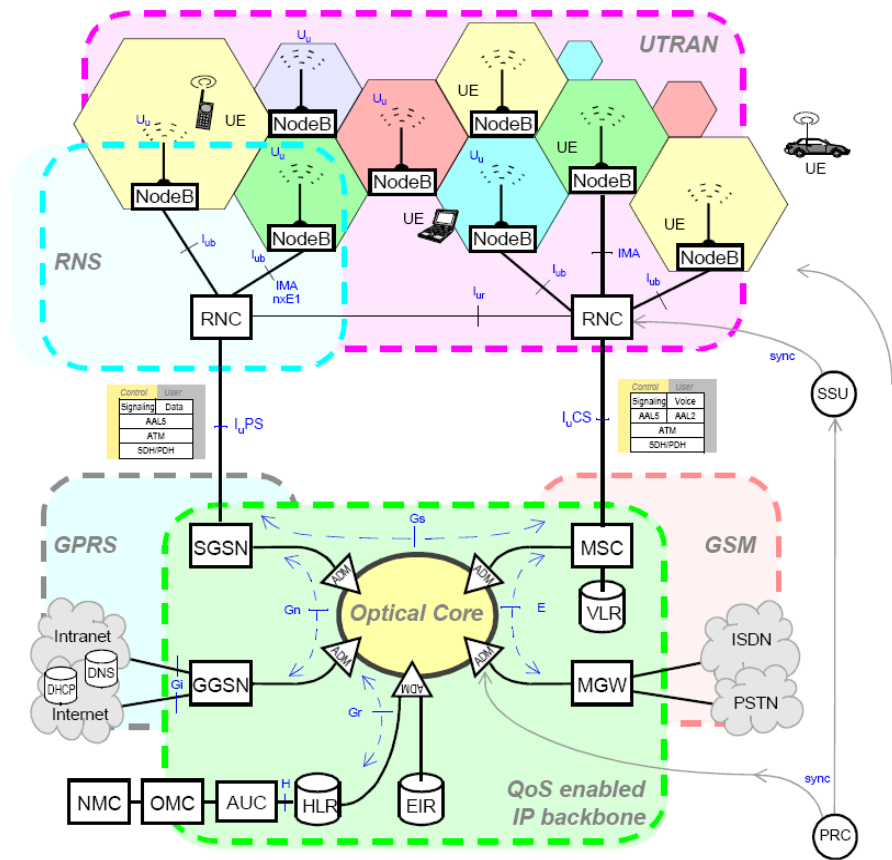


Figura 1.1: Arquitectura UMTS. [1]

1.3 Núcleo de Red (Core Network)

El Núcleo de Red o Red Troncal, incorpora funciones de transporte y de inteligencia. Las primeras soportan el transporte de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación. El enrutamiento reside las funciones de inteligencia, que comprenden prestaciones como la lógica y el control de ciertos servicios ofrecidos a través de una serie de interfaces bien definidas; también incluyen la gestión de la movilidad. A través del Núcleo de Red, UMTS

se conecta con otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte posible la comunicación no sólo entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes. El Modo de Transferencia Asíncrona (Asynchronous Transfer Mode, ATM) es definida por UMTS para transmisión del núcleo de red. La Capa Adaptación tipo 2 de ATM (ATM Adaptation Layer, AAL2) maneja la conexión de conmutación de circuitos; el protocolo de conexión de paquete AAL5 se diseña para la entrega de datos. En la fase final la arquitectura UMTS utilizará la tecnología IP en toda la red, incluida la interfaz radio a través del protocolo MIP (Mobile Internet Protocol). Este modelo permitirá la convergencia entre Internet y las redes de telefonía móvil mediante el uso de IPv6 en el futuro.

Esta red apoya servicios tanto en modo conmutación de circuito como de paquetes, contiene el hardware y el software que se necesita para dar aplicaciones UMTS multimedia a los usuarios finales. Para asegurar un núcleo de red que ha de prevalecer en el futuro, se introduce una arquitectura en capas que está basada en un diseño adaptable y modular. (Ver Figura 1.2).

La mayor parte de aplicaciones de usuario final residen en la capa de contenido y de aplicaciones de usuario implementadas en terminales y servidores de aplicación.

La capa de control de comunicaciones aloja un número de “servidores de red” que son los que han migrado de en la arquitectura GSM/GPRS (Global System for Mobile communications/General Packet Radio Service); por ejemplo, el servidor de la central de conmutación de móviles (Mobile Switching Centre, MSC), el nodo de soporte servidor de GPRS (Serving GPRS Support Node, SGSN), el registro de posiciones base (Home Location Register, HLR), puntos de control de servicio (Service Control Point, SCP), centros de autenticación (Authentication Centre, AUC), y el registro de identidad del equipo (Equipment Identity Register, EIR).

Estos servidores son responsables de controlar la seguridad, gestión de movilidad, el espaciamiento y la desconexión de llamadas y sesiones solicitadas por usuarios finales, servicios suplementarios en modo circuito y funciones similares.

La capa de conectividad utiliza gateway para las siguientes funciones:

- Para procesar datos de usuario final – notablemente voz, que requiere codificación y decodificación, cancelación de eco y de enlaces.
- Para transcribir calidad de servicio (QoS).
- Para convertir protocolos.

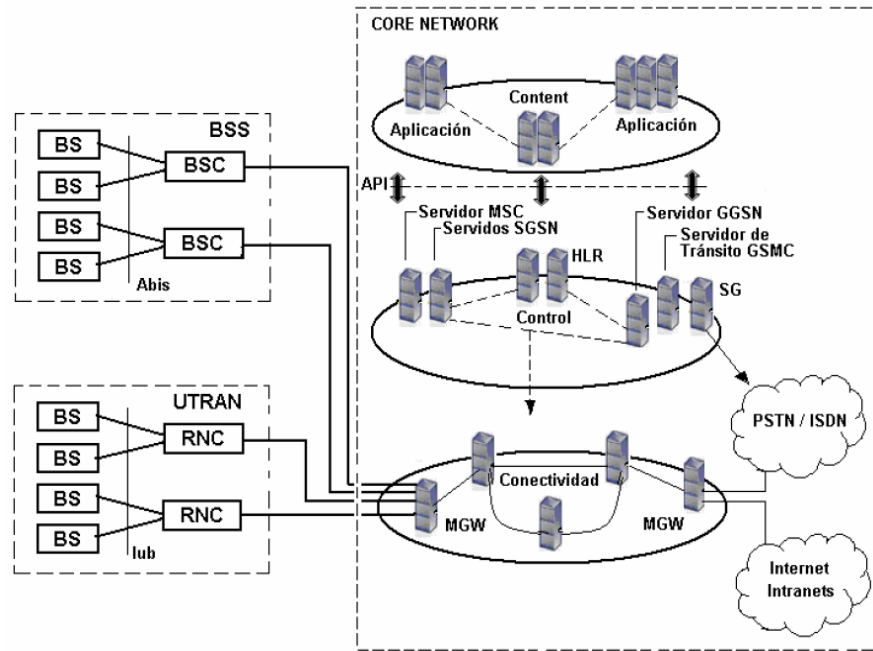


Figura 1.2: Arquitectura en capas de red 3G. [2]

1.4 UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)

La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el núcleo de red.

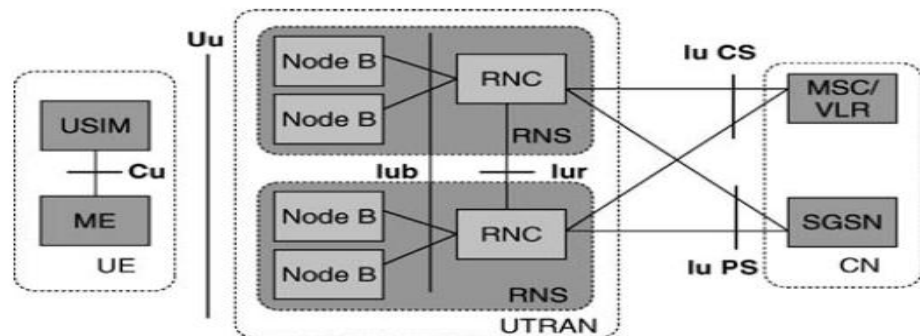


Figura 1.3: Arquitectura UTRAN. [3]

En UMTS recibe el nombre de UTRAN y se compone de:

- Estaciones base de radio (RNS)
- Controladores de red de radio (RNC)
- Nodos B

1.4.1 Sistema de Red de Radio (Radio Network System, RNS)

La UTRAN está compuesta de uno o varios RNS que pueden estar interconectados entre sí a través de la interfaz Iur. El RNS realiza la asignación y liberación de recursos de radio para permitir la comunicación con UE en una cierta área. Un RNS está compuesto de un RNC, y uno o varios nodos B.

1.4.2 Controlador de Red de Radio (Radio Network Controller, RNC)

El RNC es la entidad controladora de un RNS y se encarga del control general de los recursos de radio proporcionados por uno o varios nodos B. El RNC, es responsable de las decisiones de handover que requieren señalización a la estación móvil. El RNC se conecta al núcleo de la red (CN) a través de la interfaz Iu. Hay una interfaz Iu para las aplicaciones de conmutación de circuitos (Circuit Switched, CS) denominado Iu-CS y otro para las aplicaciones de conmutación de paquetes (Packet Switched,

PS) denominado Iu-PS. Las funciones de RNC son: control de recurso de radio, control de admisión, asignación del canal, ajustes del control de energía, control de handover, macro diversidad, cifrado, segmentación/ensamblaje y señalización de difusión.

1.4.3 Nodo B

Una celda celular se define como el área cubierta por una estación celular (cobertura de radio frecuencia limitada), en este caso las estaciones celulares se conocen como Nodo B, este es el componente responsable de la transmisión y recepción de radio desde y hacia UE en una o más celdas UMTS. Es decir las funciones del nodo B son: transmisión y recepción de la interfaz aérea, modulación/demodulación, codificación física del canal de CDMA, micro diversidad y manejo de errores. Un nodo B puede soportar Duplexación de Frecuencia (Frequency División Duplex, FDD), Duplexación de Tiempo (Time Division Duplex, TDD), o una operación en modo dual. Los nodos B se conectan a los RNCs a través de las interfaces Iu-bis y a las estaciones móviles a través de las interfaces Uu.

1.5 INTERFACES DE UTRAN

1.5.1 Interfaz Uu: se encuentra entre el equipo del usuario y la red de UTRAN. La tecnología que utiliza esta interfaz Uu para acceder al medio es WCDMA.

1.5.2 Interfaz Iu: es la que une el RNC al núcleo de la red (MSC/VLR o SGSN), la cual utiliza la tecnología WCDMA como interfaz aérea. Es la interfaz central y la más importante. La interfaz Iu puede tener dos diferentes instancias físicas para conectar a dos diferentes elementos de la red central, todo dependiendo si se trata de una red basada en conmutación de circuitos o de paquetes. En el primer caso, es la interfaz Iu-CS (para datos de conmutación de circuitos) y sirve de enlace entre la UTRAN y el MSC, y la interfaz Iu-PS (para datos de conmutación de paquetes) la encargada de conectar la red de acceso de radio con la SGSN de la red central.

1.5.3 Interfaz Iub: Interfaz que une el RNC al Nodo B.

1.5.4 Interfaz Iur: Interfaz que une el RNC a otro RNC, no es comparable a ninguna interfaz de radio GSM.

1.6 Equipo de Usuario (UE) o Estación Móvil

Una Estación Móvil (Mobile Station, MS) de UMTS más conocido como Equipo de usuario (User Equipment, UE), está compuesta por el

equipo móvil (Mobile Equipment, ME) y la tarjeta de identificación de abonado UMTS (Universal Subscriber Identity Module, USIM). El Equipo móvil (ME) es el encargado de la transmisión y recepción a través de la interfaz radio, en cambio el Módulo de Identidad (USIM) contiene los datos y características que definen a un usuario, esta presenta varias funciones como lo son:

- Soporte de una aplicación del Módulo de identidad del Servicio de Usuario (USIM) (Opcionalmente más de una).
- Ayuda de uno o más perfiles de usuario en el USIM.
- Información específica de la actualización USIM sobre el aire.
- Funciones de seguridad.
- Autenticación de usuario
- Inclusión opcional de métodos de pago.
- Descarga segura opcional de nuevas aplicaciones.

1.7 ESPECTRO UMTS

Siendo el Ecuador un comprador de tecnología en el sector de las Telecomunicaciones, se ha encontrado la necesidad de elaborar un Plan Nacional de Frecuencias en el cual se recojan las recomendaciones de organismos internacionales, principalmente las de la UIT.

Según la recomendación aprobada en la WARC-92 (conferencia administrativa mundial de radio) en febrero de 1992 los rangos de frecuencias entre 1885-2025 MHz y entre 2110-2200 MHz son reservadas mundialmente para tecnologías 3G.

Según datos de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador, se tiene previsto la asignación de las siguientes frecuencias para tecnologías IMT2000, donde está incluida UMTS:

- 2110 – 2170 Hz
- 1910 – 1980 Hz

Sin embargo en nuestro país la banda de 800 MHz fue asignada para las operadoras CONECEL S.A. (Porta) y OTECEL S.A. (Movistar).

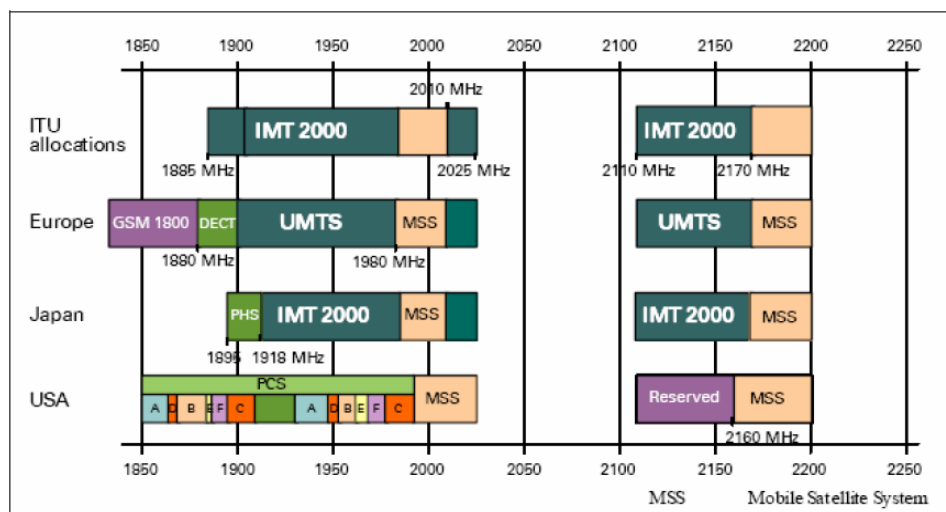


Figura 1.4: Espectro UMTS. [4]

1.8 WCDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO DE BANDA ANCHA)

Es el sistema de acceso de radio utilizada para los sistemas celulares de tercera generación que sirve de apoyo a los sistemas de 3G de banda ancha como servicios de alta velocidad de acceso a Internet, video y transmisión de imágenes de alta calidad con la misma calidad que las redes fijas.

WCDMA es una tecnología de espectro ensanchado, en esta clase de tecnología, la concentración de información de usuario en banda angosta se transforma en una señal de banda ancha con baja concentración de información, esto se conoce como ensanchamiento del espectro de la señal.

La información puede ser separada por la característica de ortogonalidad de los distintos códigos usados, como se ilustra en la figura 1.5.

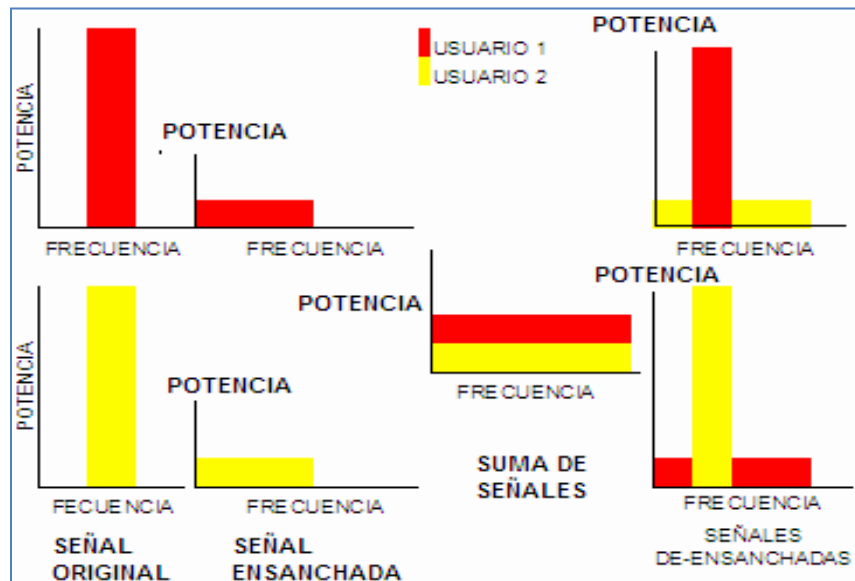


Figura 1.5: Proceso de Ensanchamiento y Des-Ensanchamiento Señales. [4]

1.8.1 Principales características de WCDMA

Entre las principales características tenemos:

- Alta tasa de transmisión de datos: 384 Kbps con amplia zona de cobertura, de 2 Mbps, con cobertura local.
- Alta flexibilidad de servicio: soporte de múltiples servicios paralelos a tasa variable en cada conexión.
- Soporte para futura capacidad y cobertura, reforzada en tecnologías con antenas adaptivas, estructuras avanzadas de recepción y diversidad de transmisión.

- Soporte de inter frecuencia handover y handover hacia otros sistemas, incluyendo handover hacia GSM.
- Eficiente acceso a paquetes y soporta FDD y TDD.

1.8.2 Especificaciones Técnicas de WCDMA

La tasa de chip podrá ampliarse a dos o tres veces el estándar de 3.84 Mcps para dar cabida a velocidades de datos superiores a los 2 Mbps. Los 200 KHz de portadora de trama se han elegido para facilitar la coexistencia e interoperabilidad con GSM.

ESQUEMA DE ACCESO MÚLTIPLE	DS-CDMA
ESQUEMA DE DUPLEXACIÓN	FDD/TDD
PAQUETE DE ACCESO MODO DUAL	(canal combinado y dedicado)
ESQUEMA DE TASA MULTIRATE/VARIABLE	La difusión de factor expandido variable y multi-código
CHIP RATE	3,84 Mcps
PORTADORA ESPACIADA	4.4 - 5.2 MHz (200 KHz portador de trama)
LONGITUD DE TRAMA	4.4 - 5.2 MHz (200 KHz portador de trama)
SINCRONIZACIÓN INTER BASE ESTATION	FDD: No se necesita sincronización TDD: Sincronización necesaria

Tabla 1.1: Especificaciones técnicas de WCDMA.

1.9 TRANSMISIÓN DÚPLEX

La transmisión dúplex se refiere a la capacidad del sistema para hacer que tanto el usuario transmisor como el receptor puedan

mantener una transmisión bidireccional al mismo tiempo sin interrupción, para este propósito UMTS utiliza principalmente el método de duplexación por división de frecuencia (Frequency Division Duplexing, FDD), que consiste en asignar una frecuencia para el enlace de subida (UpLink, UL) y otra diferente para el enlace de bajada (DownLink, DL) la separación en Hz entre la frecuencia de UL y DL se conoce como distancia de duplexación. Existe también el método duplexación por división de tiempo (Time Division Duplexing, TDD), técnica que usa la misma frecuencia para transmisión y recepción pero asignando tiempos para cada proceso, esta técnica se ha desarrollado mucho en los últimos años pero aún no es la más usada para UMTS. En la figura 1.6 se ilustra gráficamente los tipos de duplexación.

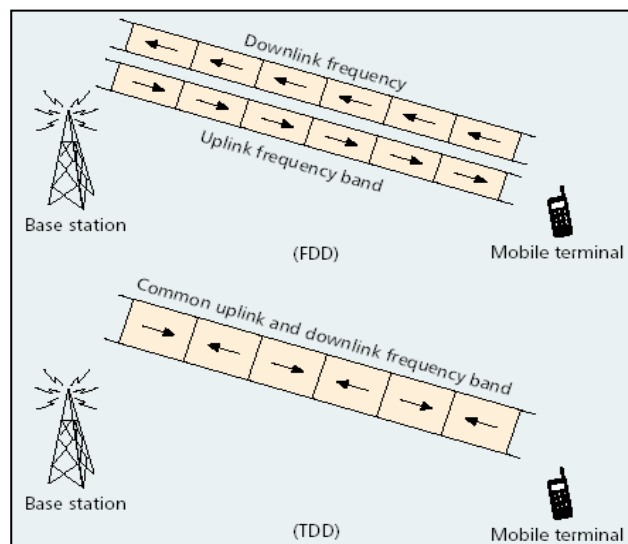


Figura 1.6: Transmisión Dúplex. [7]

1.10 CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

La calidad de servicio extremo a extremo se sustenta en la calidad que proporcionan los servicios portadores subyacentes:

- Servicio portador local
- Servicio portador UMTS
- Servicio portador externo.

Esta primera descomposición tiene como objeto no limitar innecesariamente los equipos terminales a emplear (ej. un PC) y las posibles redes destino (ej. Internet) con las que comunicarse. Es por este motivo que la especificación deja fuera del ámbito de la calidad de servicio de UMTS a los servicios portadores local y externo, centrándose exclusivamente en la normalización del servicio portador UMTS.

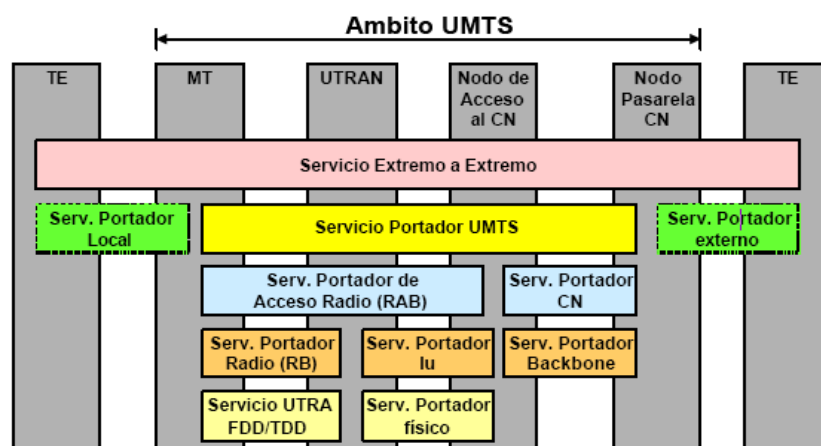


Figura 1.7: Arquitectura de Calidad de Servicio [6]

En una segunda descomposición, el servicio portador UMTS se sustenta en la QoS que le proporciona el servicio portador de acceso radio (RAB) y el servicio portador del núcleo de red. El primero abarca el trayecto comprendido entre la terminación móvil (el terminal radio del usuario) y el nodo de acceso al núcleo de red (un MSC o un SGSN, según el caso), pasando a través del interfaz radio (Uu), la red de acceso radio (UTRAN), y el interfaz Iu. El concepto de RAB es determinante en la provisión de servicios UMTS con distintos perfiles de calidad de servicio, puesto que implica la utilización de recursos sobre el interfaz radio y la red de acceso, precisamente donde se presentan las mayores limitaciones de ancho de banda.

El servicio portador del núcleo de red, por su parte, abarca el trayecto comprendido entre el nodo de acceso (MSC o SGSN) hasta el nodo pasarela (GMSC o GGSN) hacia la red destino de interés (ej. RTC o Internet). La QoS en este trayecto se apoya en la que proporciona el correspondiente backbone (de circuitos o de paquetes).

Desde el punto de vista de los requisitos de QoS, y atendiendo fundamentalmente al criterio de su tolerancia al retardo, en UMTS se han definido cuatro clases de tráfico:

- **Conversacional.-** Está basado en comunicaciones de audio y video, se caracteriza por exigir un retardo extremo a extremo muy

reducido, con objeto de que los usuarios no pierdan la sensación de interactividad. Ejemplos de aplicaciones conversacionales son la telefonía, la videotelefonía o la videoconferencia.

- **Streaming (afluente).**- En esta categoría se incluyen las aplicaciones que permiten a los usuarios la descarga de contenidos multimedia (audio y video clips) para su reproducción on-line, con una sensación que, sin serlo, se aproxima a la de tiempo real.
- **Interactivo.**- Esta clase de tráfico engloba las aplicaciones de acceso remoto a información en la modalidad online, donde el usuario (o una máquina) envía peticiones hacia el equipo remoto esperando que éste le devuelva las respuestas en un tiempo razonablemente reducido. Ejemplos: navegación web, consulta a base de datos o el acceso remoto a ordenadores (telnet).
- **Background (diferido).**- Esta última clase da cabida a un número considerable de aplicaciones de datos en las que el usuario no exige una respuesta inmediata por parte de la red, admitiendo retardos que oscilan desde unos pocos segundos hasta incluso varios minutos.

La formalización del concepto de calidad de servicio en UMTS recurre a la solución consistente en la definición del correspondiente conjunto de parámetros o atributos. Así, en la especificación **TS 23.107** se

define una docena de atributos de calidad de servicio, así como el rango de valores que éstos pueden tomar.

	Conversacional	Streaming	Interactivo	Background
Tasa de bit máxima	X	X	X	X
Entrega ordenada	X	X	X	X
Tamaño máximo SDU	X	X	X	X
Información de formato de SDU	X	X		
Ratio de SDUs erróneos	X	X	X	X
Ratio de error de bit residual	X	X	X	X
Entrega de SDUs erróneas	X	X	X	X
Retardo de transferencia	X	X		
Tasa de bit garantizada	X	X		
Prioridad de tráfico			X	
Prioridad de asignación/retención	X	X	X	X

Figura 1.8: Atributos de Calidad de Servicios en UMTS. [6]

La especificación **TS 23.107** propone también una arquitectura donde se identifican el tipo de funciones requeridas para el soporte de QoS en una red UMTS. Se trata de un modelo genérico, que deja libertad absoluta en lo referente a los detalles de implementación.

1.11 SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE ENLACES RADIOELÉCTRICOS

RADIO MOBILE un software de planificación radioeléctrica que a pesar de no ser especializado en la planificación de redes móviles celulares es una herramienta que nos permite graficar los patrones RF y predice el comportamiento radioeléctrico de los sistemas en función de la morfología del terreno.

El software puede producir mapas donde se grafique la cobertura y la interferencia, además de vistas 3D y animaciones de sobrevuelo sobre el terreno analizado. Otra aplicación útil es la visualización de los efectos de Fresnel sobre los enlaces establecidos.

En las Figuras mostradas a continuación podremos observar las utilidades que incluye el programa aplicadas a los datos de Guayaquil para dos estaciones bases una colocada en el Cerro del Carmen (base 2 a la derecha) y la otra en el Cerro San Eduardo (base 1 a la izquierda).

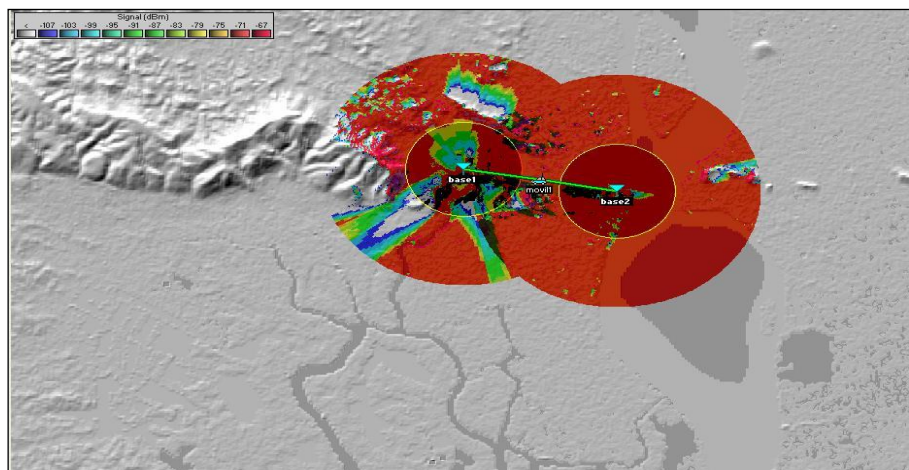


Figura 1.9: Cobertura radioeléctrica combinada. [8]

En la figura 1.9 la región roja muestra los sectores de cobertura válida dentro de los rangos establecidos en la simulación. Por otro lado las áreas en verde, azul y sin pintar dentro de la zona de cobertura, presentan niveles de señal inferiores al umbral, nótese que esto

sucede en zonas de sombra es decir en los sectores ubicados detrás de las elevaciones montañosas.

La Figura 1.10 muestra el análisis de interferencia entre dos estaciones bases ubicadas en distintos puntos de la ciudad en relación a un móvil ubicado en el centro de estas dos.

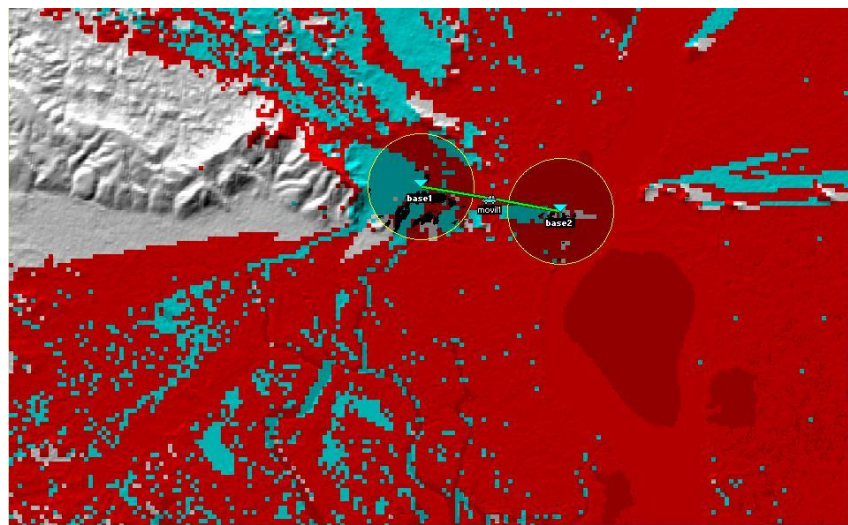


Figura 1.10: Interferencia entre las BTS con relación a un móvil [8]

Las zonas en celeste muestran las regiones con un valor de C/I aceptable, mientras las zonas pintadas de rojo presentan problemas de interferencia. En el caso de los enlaces vía radio que se utilizan para conectar las estaciones bases a las controladoras y estas al núcleo de red, RADIO MOBILE permite analizar en función de los datos de elevación del terreno si los enlaces cumplen con el criterio de Fresnel. Vea Figura 1.11.

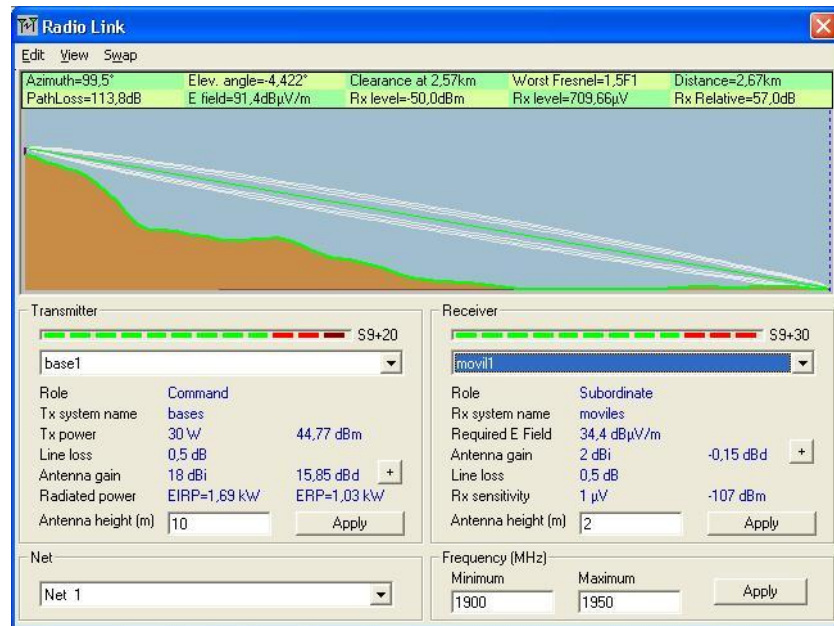


Figura 1.11: Análisis de la Zona de Fresnel [8]

Pero existen ciertos aspectos que limitan y condicionan la utilización de RADIO MOBILE, así debido a la baja definición de los datos de elevación ofrecidos gratuitamente en Internet, no es factible analizar toda la red. Además el enfoque del programa es generalizado y por lo tanto no cuenta con utilidades especializadas en la planificación y análisis de redes celulares.

CAPITULO 2: PARAMETROS DE DISEÑO DE UNA RED UMTS

2.1 TIPO DE AMBIENTE (CLUTTER)

En el Cálculo del enlace, se pueden considerar diferentes tipos de áreas, el modelo de área que se elija afecta las características de propagación de la señal, estas áreas se las denomina clutter y los tipos de clutter principales son los siguientes:

- **Urbano.-** áreas con alta concentración de edificios formadas por edificios, oficinas y centros comerciales, el promedio de altura de estas edificaciones está por debajo de los 40 metros.
- **Urbano Denso.-** estas son áreas dentro del ambiente urbano con densidad de edificios muy altas. Las alturas de los edificios pueden estar sobre los 40 metros.
- **Suburbano.-** áreas residenciales que incluyen algo de vegetación, en la mayoría de casos rodean zonas urbanas, el promedio de altura de las edificaciones está bajo los 15 metros.
- **Carreteras.- Semi-abierto.-** este tipo de área corresponde a áreas en las afueras de las ciudades sin gran desarrollo: valles, caminos, vegetación.
- **Rural-Abierto.-** este tipo de área corresponde a zonas sin edificios: lagos, árboles, etc. Estas áreas se modelan generalmente como zonas abiertas.

2.2 TIPOS DE CELDAS

En su componente terrestre, tiene una estructura jerárquica, es decir, está compuesta por tres tipos de Celdas: Macro Celda, Micro Celda y Pico celda con un mínimo de 5 MHz de ancho de banda por Celda.

➤ **Las Macro celdas** (radio entre 1 y 40 Km)

Para cobertura celular en grandes áreas abiertas así como sirven de celdas paraguas para cubrir huecos en zonas con micro celdas.

➤ **Las Micro celdas** (50 a 1000 m. de radio)

Para cobertura celular en áreas urbanas y autopistas, sirven como antenas direccionales, y para cubrir zonas oscuras en macro celdas.

➤ **Las Pico celdas** (radios inferiores a 50 m.)

Para uso en entornos residenciales e interiores de oficinas, la zona cubierta depende de la estructura del edificio y los materiales empleados.

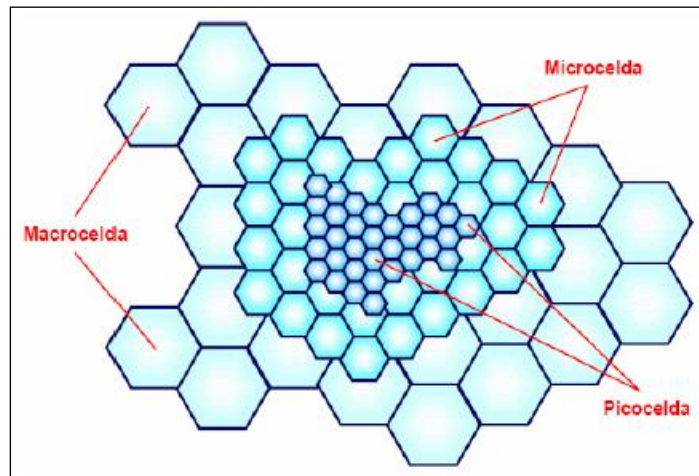


Figura 2.1: Tipos de celdas en UMTS. [5]

2.3 CÁLCULO DEL ÁREA DE LA CELDA Y DISTANCIA ENTRE SITIOS

La forma de calcular el área de una celda depende del tipo de celda escogida; para el caso en estudio se usarán tres celdas por sitio con lóbulo principal de antena de menos de 90° , y se asumen celdas hexagonales, como se indica en la figura 2.2

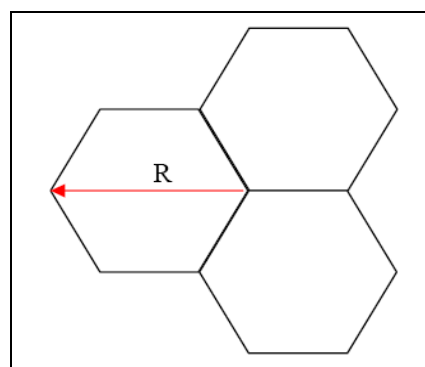


Figura 2.2: Sitios de 3 celdas Hexagonales. [4]

En este caso el área de la celda se calcula como:

$$A_{CELL} = \frac{3x\sqrt{3}}{8} \times (R_{MAX}^2)$$

Ecuación 2.1

Donde RMAX es la distancia **d** (rango de celda). La distancia Sitio-Sitio para sitios de tres sectores es $D=1.5 \times RMAX$ como se muestra en la figura 2.3:

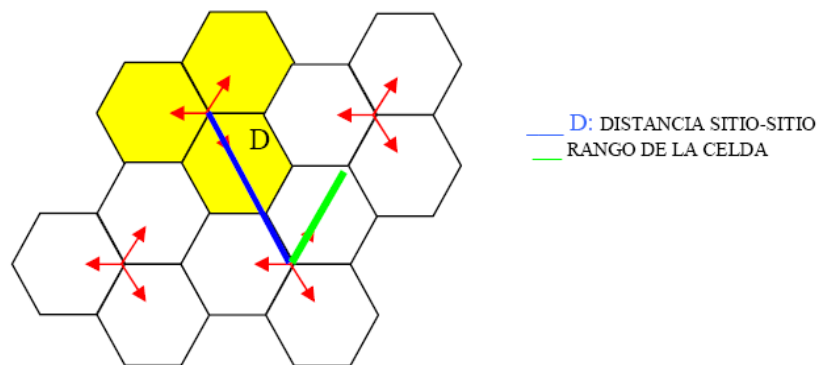


Figura 2.3: Distancia y Rango de la celda. [4]

El área del sitio es entonces el número de sectores por sitio (Nodo B) “S” multiplicada por el área de la celda.

$$A_{SITIO} = A_{CELDA} \times S$$

Ecuación 2.2

El número de nodo B que se necesita para cubrir un área dada puede ser fácilmente calculado con la fórmula:

$$\text{Número de Nodo B} = \frac{A_{Area}}{A_{Celda} \times S}$$

Ecuación 2.3

Donde S es el número de sectores por Nodo B.

2.4 TIPO DE USUARIOS

La selección del tipo de usuario tiene gran impacto en el cálculo del enlace ya que con el cambio de este parámetro muchos factores del cálculo pueden cambiar, como por ejemplo los valores de Eb/No, la ganancia de hand-off y el incremento de la potencia de transmisión.

Este estudio se concentrará en las Macro-Celdas de tres sectores, que son celdas formadas por tres antenas direccionadas a diferentes ángulos de azimut cada una. Generalmente las direcciones de estas antenas se encuentran separadas 120° para así obtener la cobertura de 360° entre las tres, en estas toman en cuenta tres tipos de usuarios de acuerdo a su velocidad de traslación:

- Vehicular A a 120 Km/h
- Vehicular A a 50 Km/h
- Vehicular A a 3 Km/h

La asignación recomendada es la siguiente:

- Para Macro-Celdas Urbano denso, Urbano y Suburbano: “Veicular A” a 50 Km/h.
- Para Macro-Celdas Carretera y Rurales: “Vehicular A” a 120 Km/h.
- Para Micro-Celdas “Veicular A” a 50 Km/h.

2.5 MODELOS DE PROPAGACIÓN

El modelo de propagación debe ser ajustado de acuerdo al ambiente de los sitios en que serán construidos, es decir, se recomienda que las medidas de propagación y el modelo de propagación sean ajustados en el desarrollo de una red real. Sin embargo para la etapa de estudio se pueden usar los modelos estándar por defecto como son: COST 231-HATA MODEL, de acuerdo a la recomendación del grupo 3GPP TR101.112 (UMTS 30.03), para cobertura de celdas.

El modelo de una pendiente es usado en MACRO CELDAS por defecto y para celdas pequeñas el modelo de dos pendientes, una celda pequeña por lo general tiene sus antenas ligeramente bajo el nivel del techo y una cobertura de aproximadamente 100 m a 2 Km.

2.5.1 Modelo de una Pendiente

La pérdida de camino L en este modelo depende de la distancia ($d = 1 - 20$ Km) entre la antena del Nodo B y el equipo

de usuario, frecuencia f (1.5 - 2 GHz), alturas de las antenas de las estaciones base (Nodo B $h_{BS} = 30 - 200$ m) y la altura de la antena del equipo de usuario ($h_{MS} = 1.5$ m), y el tipo de área (clutter). La pérdida de camino está dada por la ecuación 2.4

$$L_{Pathloss} = 46.3 + \left[33.9 \log\left(\frac{f}{MHz}\right) \right] - \left[13.82 \log\left(\frac{h_{BS}}{m}\right) \right] - a\left(\frac{h_{MS}}{m}\right) \\ + S_1 \log\left(\frac{d}{m}\right) + L(clutter) \\ S_1 = 44.9 - 6.55 \log\left(\frac{h_{BS}}{m}\right)$$

Ecuación 2.4

En la ecuación 2.4 el factor de corrección de la altura de la antena del equipo de usuario se calcula de acuerdo a

$$a\left(\frac{h_{MS}}{m}\right) = 3.2 \times \left[\log\left(11.75 \times \frac{h_{MS}}{m}\right) \right]^2 - 4.97$$

Ecuación 2.5

$$a\left(\frac{h_{MS}}{m}\right) = \frac{h_{MS}}{m} \times \left[1.1 \log\left(11.75 \times \frac{h_{MS}}{m}\right) - 0.7 \right] - \left[1.56 \log\left(\frac{f}{MHz}\right) - 0.8 \right]$$

Ecuación 2.6

$$L(urbano_denso) = 3$$

$$L(urbano) = 0$$

$$L(\text{camino}) = 4.78 \times \left[\log \left(\frac{f}{\text{MHz}} \right) \right]^2 + 18.33 \log \left(\frac{f}{\text{MHz}} \right) - 35.94$$

$$L(\text{rural}) = 4.78 \times \left[\log \left(\frac{f}{\text{MHz}} \right) \right]^2 + 18.33 \log \left(\frac{f}{\text{MHz}} \right) - 40.94$$

Ecuación 2.7

La influencia del tipo de ambiente se toma en consideración de acuerdo a las siguientes fórmulas:

AMBIENTE (Clutter)	MODELO DE PROPAGACIÓN
URBANO DENSO	$L(d)=140.79+35.22 \times \text{Log}(d)$
URBANO	$L(d)=137.79+35.22 \times \text{Log}(d)$
SUBURBANO	$L(d)=125.52+35.22 \times \text{Log}(d)$
RURAL ABIERTO	$L(d)=105.27+35.22 \times \text{Log}(d)$
CAMINO (CASI ABIERTO)	$L(d)=110.27+35.22 \times \text{Log}(d)$

Tabla 2.1: Modelo de propagación de Macro celda. [4]

Los valores de la tabla 2.2 aplican para los datos estándar:

Altura de la antena en estación base (Nodo B):

$$H_{\text{nodeB, ant}} = 30\text{m}$$

Altura de la antena del equipo de usuario (UE):

$$H_{\text{UE, ant}} = 1.5\text{m}$$

Frecuencia de trabajo:

$$F = 2000\text{MHz}$$

2.6 Ecuación de distancia en función de la pérdida esperada

- **Ambiente Urbano.-** Reemplazando la máxima pérdida anteriormente calculada por $L(d)$ se tiene para el ambiente urbano:

$$d = 10 \frac{L(d) - 137.79}{35.22}$$

$$d = 10 \frac{131.7 - 137.79}{35.22}$$

$$d = 0.6678 \text{ Km}$$

Esta distancia corresponde al radio de la celda de tres sectores mostrada en la figura 2.3 del capítulo 2.

Entonces el área que cubrirá la celda en clutter Urbano con la ecuación 2.1 se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{CELL} = \frac{3\sqrt{3}}{8} (R_{MAX})^2$$

$$A_{CELL} = \frac{3\sqrt{3}}{8} (0.6678)^2$$

$$A_{CELL} = 0.2898 \text{ Km}^2$$

Al final se halla el número de sitios necesarios para cubrir el área urbana de una cierta ciudad dividiendo el área urbana a ser cubierta por el área que cubre un sitio de 3 sectores.

$$No. de Sitios Urbanos = \frac{Area Urbana}{A_{CELL} \times S}$$

Ahora se debe tener en cuenta que las fórmulas aquí empleadas han sido desarrolladas en función de las características geográficas de los países europeos en donde las regiones no tienen tantos accidentes geográficos (en términos de variación de la altura de los terrenos estudiados) como el territorio ecuatoriano específicamente, por este motivo, la experiencia en diseño de redes celulares de SIEMENS recomienda que las diferentes áreas de ambientes a ser cubiertas con el servicio se multipliquen por un factor de 1.1 en regiones planas como la costa.

- **Ambiente Urbano Denso.-** La distancia desde el Nodo B hasta el UE será:

$$d = 10 \frac{L(d) - 137.79}{35.22}$$

$$d = 10^{\frac{126.6^3 - 137.7^9}{35.2^2}} = 0.3957 \text{ Km}$$

Área de la celda:

$$A_{CELL} = \frac{3\sqrt{3}}{8} (R_{MAX})^2$$

$$A_{CELL} = \frac{3\sqrt{3}}{8} (0.3957)^2$$

$$A_{CELL} = 0.1017 \text{ Km}^2$$

A continuación se muestra la tabla 5.7 con un resumen de los cálculos y resultados obtenidos.

	URBANO	URBANO DENSO
MAX PERDIDA DE CAMINO [db]	131.63	126.63
Distancia d=Rmax [Km]	0.6678	0.3957
Area de Celda [SQKM]	0.2897	0.1017
Area a Considerar [SQKM]	32.3125	0.1375

Tabla 2.2: Parámetros de pérdidas en función del Ambiente. [4]

2.7 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE UN SISTEMA UMTS

Para determinar la capacidad de una red celular, básicamente se ofrece una estimación inicial del número de estaciones bases necesarias, dado que en todas las redes se necesita tener muy en cuenta dos parámetros muy importantes los cuales son: la capacidad y

la cobertura. La cobertura nos permite calcular los recursos necesarios para satisfacer los requisitos de tráfico; la cobertura en cambio se encarga de mantener siempre la señal radioeléctrica en toda la zona donde se piensa dar el servicio. Puesto que estos dos parámetros están muy unidos en el sistema UMTS se tiene que realizar un estudio de ambos. Más adelante nos podremos dar cuenta que todo este sistema está limitado por interferencias generadas por los enlaces y por el propio sistema, por lo que el objetivo principal es de mantener dichas interferencias en niveles bajos para así poder garantizar el correcto funcionamiento del mismo.

En un sistema WCDMA la capacidad está muy relacionada con la cobertura por lo que hay que realizar un estudio por separado de los enlaces de ascendentes como los descendentes.

$$\frac{E_b}{N_o} \leq \frac{\left(\frac{P_{tik} G_i}{A}\right)}{(I_{int} + I_{ext} + N)} G_p$$

Ecuación 2.4

Donde :

$\frac{E_b}{N_o}$ Es el umbral absoluto de relación energía por bit densidad de perturbación para el servicio.

P_{tik} Es la potencia del transmisor para el servicio.

G_i Es la ganancia absoluta de la antena del transmisor.

A Es la atenuación de propagación entre el transmisor y el receptor.

I_{int} Es la potencia de la interferencia intracelular.

I_{ext} Es la potencia de la interferencia intercelular o potencia externa.

N Es la potencia de ruido térmico.

G_p Es la ganancia de procesamiento en el servicio.

Existe una inecuación para cada enlace (ascendente o descendente) y para cada terminal. Para que se pueda cumplir la ecuación anterior, es decir, para que el enlace sea viable, la potencia transmitida por el terminal deberá ser menor que la máxima disponible, en caso contrario se considerara un enlace fuera de servicio.

En el caso del enlace ascendente, se tiene un gran número de terminales distribuidos que aportan interferencias dentro y fuera de la célula bajo estudio; en el enlace descendente, el terminal recibe interferencias de un número limitado de Nodos B en posiciones concretas. Para el enlace ascendente, la capacidad puede crecer ilimitadamente a costa de una degradación progresiva de la calidad;

en el descendente, la capacidad ofrecida deja de aumentar cuando el Nodo B no dispone de más potencia para asignar a los canales de tráfico de los terminales.

Dado que el cálculo de capacidad en el enlace descendente es más complejo que en el ascendente, se asume que la potencia del Nodo B es ilimitada, lo que nos permite que el análisis sea el mismo para dichos enlaces.

Como el enlace ascendente depende del nivel de interferencia generado por las radio bases que trabajan en la misma frecuencia tanto en la propia celda como en las vecinas. Se permitirá un nivel máximo de interferencias, lo que se traduce en un número máximo de usuarios que generan una cantidad de tráfico equivalente. La capacidad puede aumentar a costa de una degradación en la calidad de servicio. Supóngase que la red ofrece un único tipo de servicio. Si la potencia de recepción es P_r , la expresión anterior queda como:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{P_r}{I_{int} + I_{ext} + N} G_p$$

Ecuacion 2.5

Dado que existen servicios de voz, esto implica que existe un factor de actividad α que expresa el porcentaje de tiempo transmisión en una sesión. Asumiendo que existen K usuarios activos en una célula y que el mecanismo de control de potencia es ideal, de manera que la potencia recibida en la estación base es de P_r para cada uno de ellos.

La potencia de la interferencia que percibe un usuario dentro de su célula es generada por los $K-1$ usuarios restantes en la forma:

$$I_{\text{int}} = P_r(K - 1)\alpha$$

Ecuación 2.6

Además, si se define en UMTS factor de reutilización f como:

$$f = \frac{I_{\text{int}} + I_{\text{ext}}}{I_{\text{int}}}$$

Ecuación 2.7

La potencia de interferencia intercelular se puede expresar de la forma:

$$I_{\text{ext}} = (f - 1)I_{\text{int}}$$

Ecuación 2.8

El valor de f varía fuertemente con el entorno, distribución de usuarios y el tipo de células. Medidas realizadas en el sistema IS-95 proporcionan un valor de $f = 1.8$ para una estación base trisectorial.

Teniendo en cuenta la expresión queda como:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{P_r}{[P_r(f - 1)\alpha f + N]} G_p$$

Ecuación 2.9

Despejando de la ecuación anterior, la potencia que el Nodo B recibe viene dada por:

$$P_r = \frac{N}{\frac{G_p}{\frac{E_b}{N_o}} - (K - 1)\alpha f}$$

Ecuación 2.10

Como se puede ver en la ecuación anterior si el valor K aumenta, implica que el valor de Pr aumenta hasta un punto que tiende a infinito, sólo si el denominador de la ecuación anterior tiende a cero:

$$K_{max} = 1 + \frac{\frac{G_p}{\frac{E_b}{N_o}}}{\alpha f} \approx \frac{G_p}{\frac{E_b}{N_o} \alpha f}$$

Ecuación 2.11

El valor aproximado de usuarios por celdas se estima en 132 (User/cell), lo que implica que para una radiobase trisectorial como las que se han considerado en este estudio de factibilidad de implementación de la red UMTS sería de manejar más de 400 usuarios en lo que respecta al servicio de voz.

Cada uno de los sectores de un emplazamiento es capaz de soportar un número de usuarios $K < K_{max}$ y, de forma análoga, el sistema deberá funcionar en estas condiciones para evitar que grandes interferencias lo inhabiliten.

2.8 DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO

El dimensionamiento de tráfico (plan de capacidad), es el segundo paso del proceso de diseño. El área de la celda y número de sitios se calculan para mantener una cobertura deseada con ciertas estimaciones de carga de tráfico (en porcentaje) tanto para el enlace de subida como para el de bajada. En el dimensionamiento de tráfico estos valores de carga son analizados poniéndolos en comparación con la demanda de tráfico por fase y por área, aquí se definirá si el número de sitios calculados en el Cálculo del enlace es suficiente para manejar la demanda de tráfico.

Una red de radio UMTS puede estar constituida de diferentes capas de red, es decir, Macro FDD, Micro FDD, Pico FDD, ilustradas en la figura 2.4.

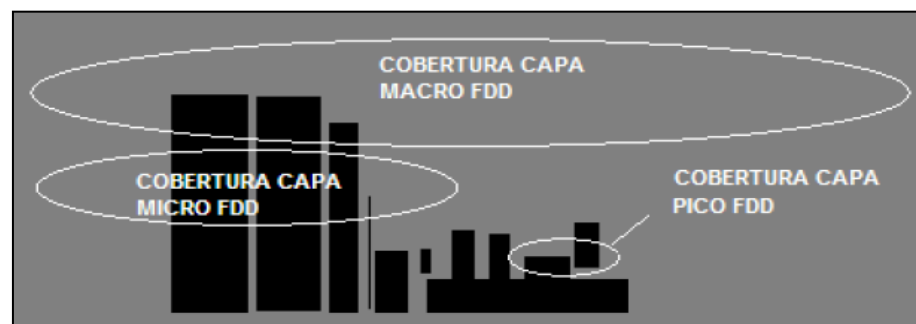


Figura 2.4: Capas: Macro FDD, Micro FDD, Pico FDD. [4]

2.9 FACTORES DEMOGRÁFICOS

Mediante proyecciones se estableció el número de habitantes aproximados en el Ecuador en el año 2010, debido que no existen datos reales de población desde el último censo de INEC en el año 2001. De igual manera se procedió en la población de la ciudad de Guayaquil y se estableció la cantidad de 14'204.900 habitantes aproximadamente.

2.9.1 Determinación de las áreas de servicio

La determinación de las áreas de cobertura en un diseño de red UMTS es muy importante ya que el factor de cobertura puede llegar a ser el limitante crítico de este tipo de diseño, incluso más crítico que el factor de tráfico. Se ha estimado mediante el uso del mapa de la ciudad Guayaquil las áreas donde se espera cobertura UMTS, y se ha determinado su extensión para usar este valor en el diseño de la red.

En la siguiente figura 4.3 se muestra el mapa en el que se puede observar la cobertura aproximada de la red a diseñar.

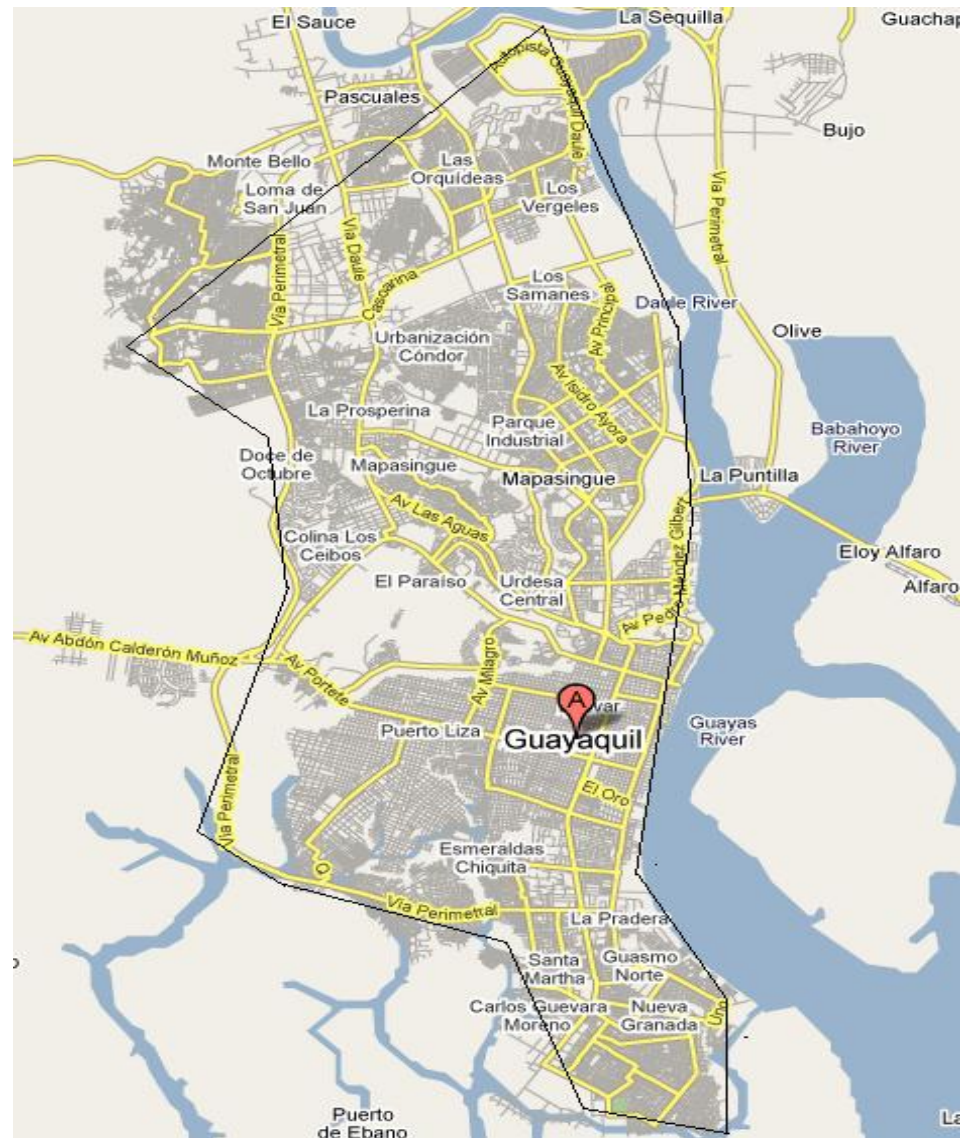


Figura 2.5: Zona de Cobertura esperada en Guayaquil. [7]

**CAPITULO 3: FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DE UNA RED
UMTS EN LA CIUDAD DE GUAYQUIL**

3.1 ESTUDIOS PREVIOS DEL MERCADO DE TELEFONÍA MÓVIL

Debido a que el objetivo de este proyecto es representar el proceso que encierra la planificación de una red celular en un ámbito local, es importante remarcar el enfoque del proyecto desde las perspectivas y proyecciones de mercado que se planteen.

Las expectativas de crecimiento de la operadora en lo referente a su participación en el mercado y el incremento en la demanda de los servicios son factores de suma importancia tanto inicialmente, como en las proyecciones de expansión de capacidad en la red.

Nos hemos visto entonces en la necesidad de utilizar datos proporcionados en fuentes oficiales como la Superintendencia de Telecomunicaciones y datos obtenidos a través de una encuesta realizada a 90 personas.

Con los datos que se encuentran en los siguientes gráficos observamos los usuarios de tecnología UMTS en el Ecuador, donde estos servicios son realizados por la telefónica CONECEL (Porta) desde diciembre del año 2008 y de la operadora OTECEL (Movistar) desde Noviembre 2009, datos estimados por la Superintendencia de Telecomunicaciones.

FECHA	CONECEL (UMTS)	
	PREPAGO	POSTPAGO
Dic-08	495.643	161.346
Ene-09	338.001	346.095
Feb-09	293.407	279.396
Mar-09	293.416	367.195
Abr-09	247.680	315.201
May-09	259.307	363.067
Jun-09	246.292	354.026
Jul-09	291.572	381.185
Ago-09	275.908	404.212
Sep-09	256.862	462.667
Oct-09	246.962	412.039
Nov-09	273.323	409.025
Dic-09	289.581	468.996
Ene-10	289.053	470.839
Feb-10	276.992	466.988
Mar-10	301.011	531.105

Tabla 3.1: Usuarios de UMTS CONECEL. [9]

FECHA	OTECEL (UMTS)	
	PREPAGO	POSTPAGO
Nov-09	4.588 ¹	2.942 ²
Dic-09	7.095	12.736
Ene-10	9.544	26.241
Feb-10	10.837	30.933
Mar-10	13.020	37.783

Tabla 3.2: Usuarios de UMTS OTECEL. [9]

Con respecto a la encuesta realizada, los datos adquiridos nos permitieron obtener valores representativos relacionados al mercado celular en la ciudad de Guayaquil, en la grafica siguiente se muestra el porcentaje de aceptación que tienen las empresas de telefonía móvil que en la actualidad están prestando el servicio.

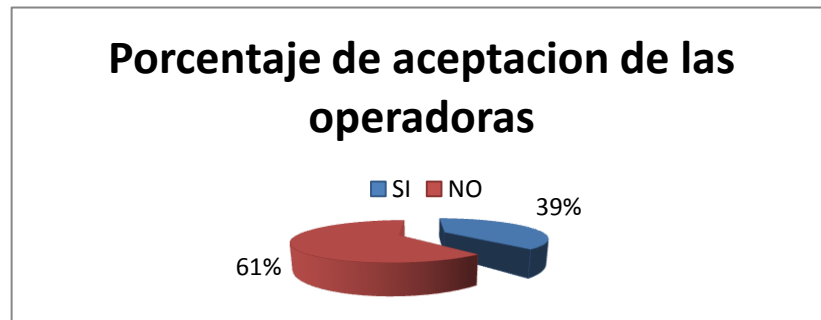


Figura 3.1: Porcentaje de aceptación de las operadoras

En lo que respecta a las posibilidades que produce un nuevo operador que además oferte mejores y nuevos servicios con respecto a los actuales existentes en el mercado, el hecho de que la gran mayoría de los datos obtenidos indiquen que la población estaría dispuesto a pasar de una operadora a otro a cambio de nuevos servicios y tarifas distintas, nos da una buena referencia de las posibilidades del operador en el mercado.

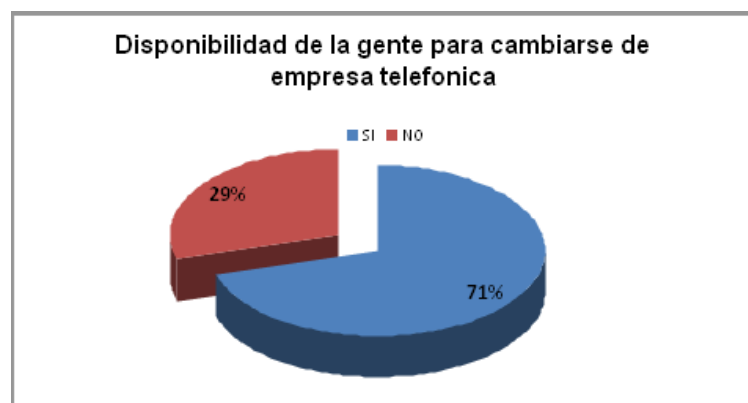


Figura 3.2: Disponibilidad de la gente para cambiar de operadora

En la figura 3.2 se presenta una gráfica en la cual se puede ver la cantidad de población disponible a cambiarse de las operadoras que están prestando su servicio actualmente a una nueva operadora.

Después de tomar en cuenta las condiciones y factores que caracterizan al mercado local como consideraciones iniciales para el proceso de planificación, se ha estimado conveniente tomar un índice conservador de participación en el mercado considerando el grado de captación de las otras operadoras y por ende las dificultades y efectos presentes en la libre competencia que debe afrontar un operador que ingresará al mercado. El objetivo final de nuestra empresa será captar un porcentaje aceptable del mercado, refiriéndonos por supuesto al ámbito de la ciudad de Guayaquil.

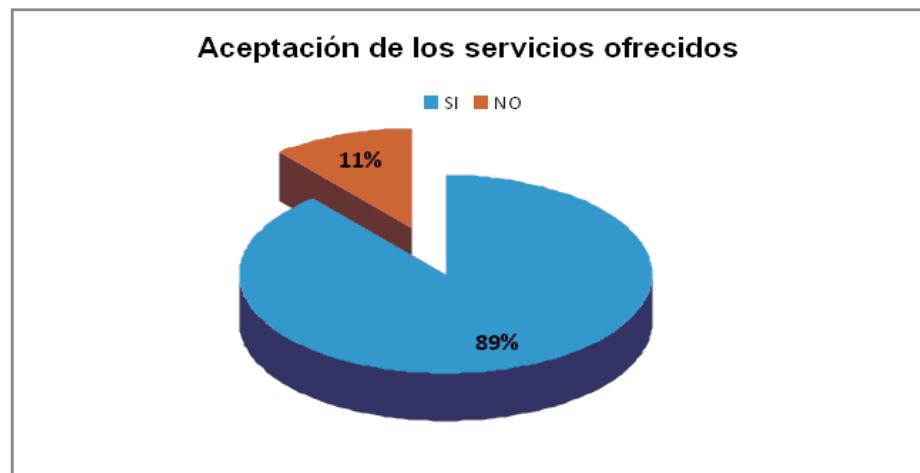


Figura 3.3: Aceptación de los servicios

El criterio que ha primado en la selección de las reglas para las proyecciones en el presente estudio, ha sido el de representar una empresa con expectativas de crecimiento muy bien marcadas, lo que a su vez se traduce en importantes modificaciones e incrementos en cuanto a la capacidad y estructura de la red.

Con respecto a las exigencias de los usuarios en cuanto a los servicios, la encuesta se orientó hacia el grado del uso de los servicios actuales, la forma de pago y del nivel de interés hacia servicios en el futuro.

Una de las características principales que tiene relación con la segmentación del mercado es según el método de pago del servicio que se ofrece, es sencillo pues relacionar y por ende deducir una estrategia fundamental a la que debe de apuntar el operador para cumplir sus expectativas comerciales, es necesario entonces enfocar las campañas de publicidad inicial a la captación del mercado joven, ya que este tipo de mercado es muy competitivo puesto que la gran mayoría de los jóvenes desea tener a su alcance las herramientas de Internet entre otras cosas más. Con la grafica a continuación muestra que el porcentaje de abonados post-pago es decir que tienen un plan determinado es muy bajo por lo que nos enfocamos en crear o

establecer nuevas formas de pago las cuales nos permitan captar mayor cantidad de usuarios.

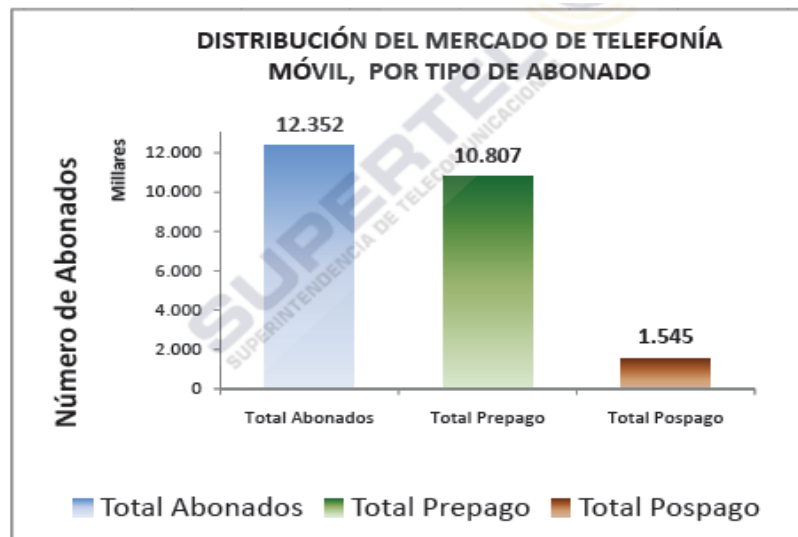


Figura 3.4: Distribución de mercado de telefonía móvil [9]

En las siguientes figuras de la 3.5 a la 3.8 se muestra cuatro distintas formas de pago las cuales se podrían establecer en nuestra empresa de acuerdo a nuestro beneficio y el del usuario.

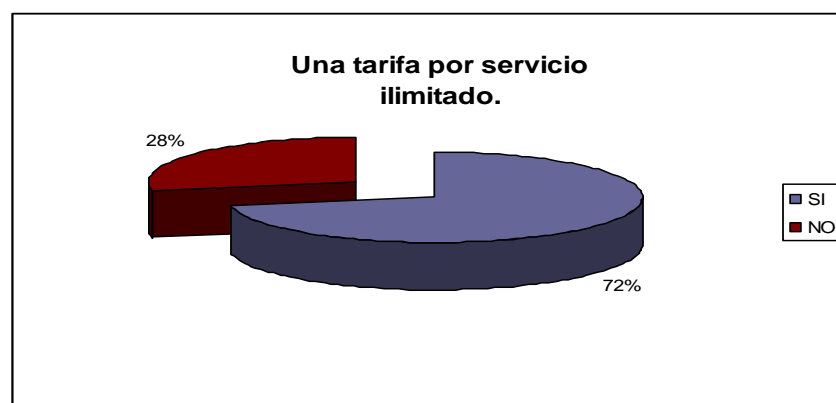


Figura 3.5: Personas dispuestas a pagar por servicio ilimitado

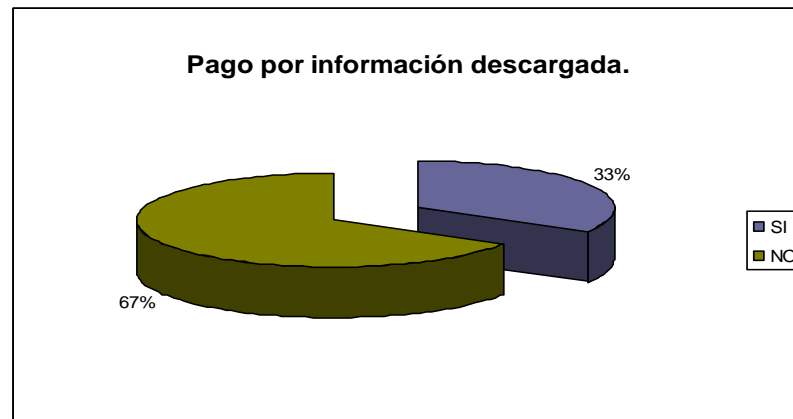


Figura 3.6: Personas dispuestas a pagar por información descargada

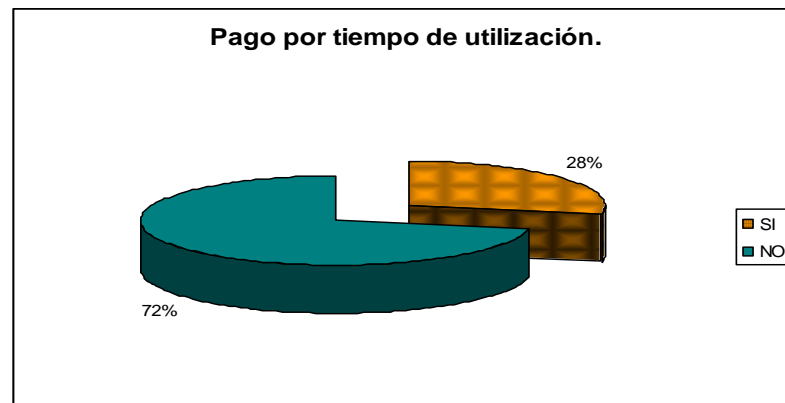


Figura 3.7: Personas dispuestas a pagar por tiempo de utilización

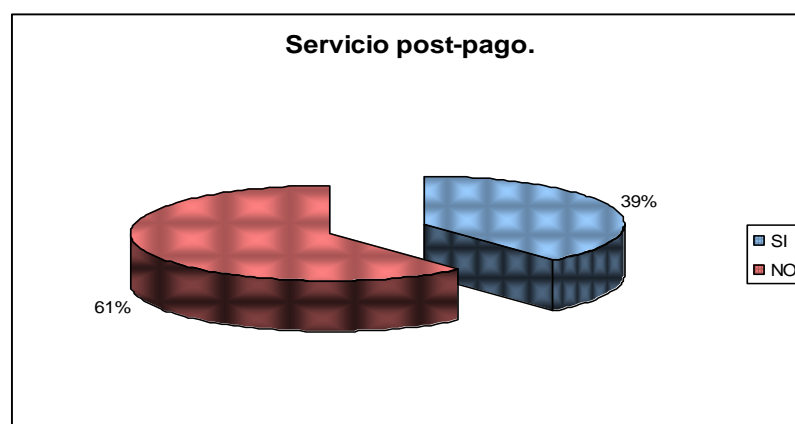


Figura 3.8: Personas dispuestas a pagar en forma de post pago

Por otra parte, estimar índices de mercado demasiado elevados puede traer consigo sobredimensionar la red, aspecto que desde el punto de vista del operador no representa una planificación eficiente al nivel económico.

3.2 USUARIOS Y TENDENCIA DE TECNOLOGÍA UMTS EN ECUADOR

A continuación se muestra un gráfico de la situación actual de los usuarios de tecnología UMTS en el país según datos proporcionados por la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador.

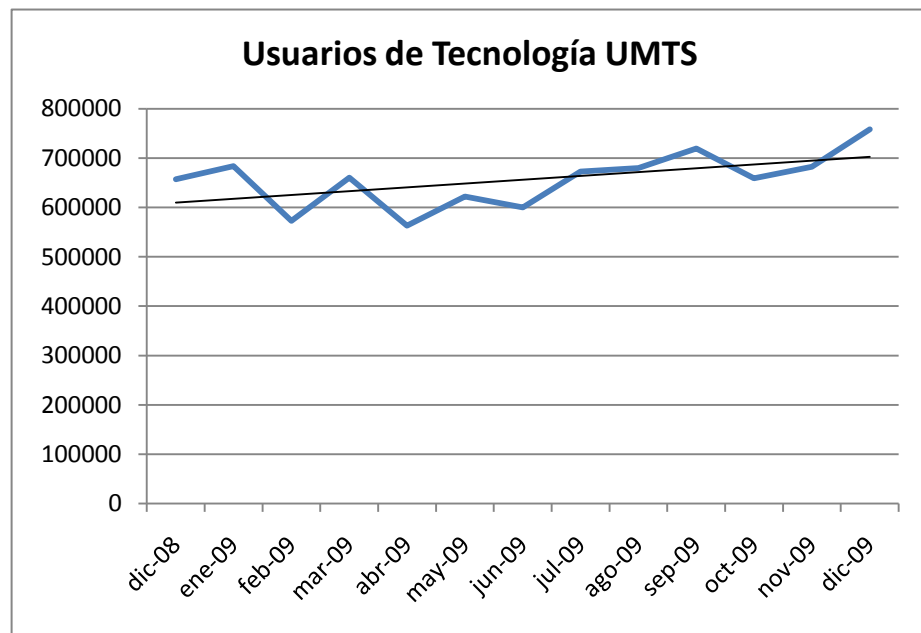


Figura 3.9: Usuarios de tecnología UMTS en Ecuador

La traza de color negro muestra una tendencia lineal de crecimiento, esto indica que para a finales del año 2017 tendremos más de

1'200.000 de usuarios, como lo indica en las proyecciones mostradas a continuación calculadas en Excel.

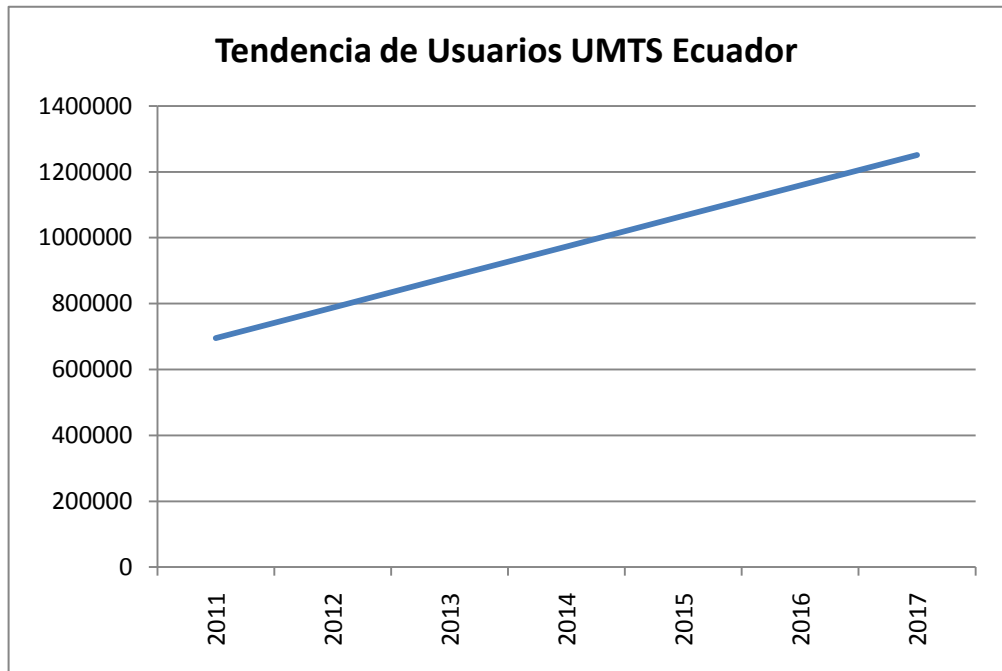


Figura 3.10: Tendencia de usuarios UMTS Ecuador

3.3 TENDENCIA DE USUARIOS UMTS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.

Para estimar la proporción del mercado de la ciudad de Guayaquil se calculó la relación de habitantes entre el Ecuador y la ciudad de Guayaquil, y se tomó como referencia esa misma proporción para los usuarios de la tecnología UMTS de la ciudad de Guayaquil, la cual se detalla a continuación.

$$\text{Relación habitantes } GYE/ECU = \frac{\# \text{ habitantes Guayaquil}}{\# \text{ habitante Ecuador}}$$

$$\text{Relación habitantes } GYE/ECU = \frac{2306479}{14204900}$$

$$\text{Relación habitantes } GYE/ECU = \text{Relación Usuarios UMTS GYE}$$

$$\text{Relacion Usuarios UMTS Guayaquil} = 0.16$$

Esto indica que por cada 100 personas en el Ecuador, 16 son de la ciudad de Guayaquil, esto nos arroja un estimado bastante aproximado, tomando en cuenta que no poseemos datos más específicos.

En la siguiente tabla se detalla la proporción de usuarios hasta el año 2017 tomando en cuenta la tendencia, la proporción de usuarios y el porcentaje de usuarios que esperamos tener en nuestra empresa con relación a todos los usuarios de tecnología UMTS de la ciudad de Guayaquil.

Mes	Usuarios UMTS ECUADOR	Usuarios UMTS GUAYAQUIL	Porcentaje Estimado de Usuarios	# de Usuarios	Mes
1	609,947.73	99,038.47	1	990	Dic-08
2	617679.5659	100293.909	1	2,089	Ene-09
3	625411.4066	101549.3439	2	3,216	Feb-09
4	633143.2473	102804.7789	2	4,369	Mar-09
5	640875.0879	104060.2139	3	5,550	Abr-09
6	648606.9286	105315.6488	3	6,758	May-09
7	656338.7692	106571.0838	4	7,993	Jun-09
8	664070.6099	107826.5188	4	9,255	Jul-09
9	671802.4505	109081.9537	4	10,545	Ago-09
10	679534.2912	110337.3887	5	11,861	Sep-09
11	687266.1319	111592.8236	5	13,205	Oct-09
12	694997.9725	112848.2586	6	14,576	Nov-09
13	702729.8132	114103.6936	6	15,975	Dic-09
14	710461.6538	115359.1285	6	17,400	Ene-10
15	718193.4945	116614.5635	7	18,853	Feb-10
16	725925.3352	117869.9985	7	20,333	Mar-10
17	733657.1758	119125.4334	8	21,840	Abr-10
18	741389.0165	120380.8684	8	23,374	May-10
19	749120.8571	121636.3034	9	24,935	Jun-10
20	756852.6978	122891.7383	9	26,524	Jul-10
21	764584.5385	124147.1733	9	28,140	Ago-10
22	772316.3791	125402.6082	10	29,783	Sep-10
23	780048.2198	126658.0432	10	31,453	Oct-10
24	787780.0604	127913.4782	11	33,151	Nov-10
25	795511.9011	129168.9131	11	34,876	Dic-10
37	888293.989	144234.1327	16	43,270	Dic-11
49	981076.0769	159299.3523	18	47,790	Dic-12
61	1073858.165	174364.5718	18	52,309	Dic-13
73	1166640.253	189429.7914	18	56,829	Dic-14
84	1251690.5	203239.576	18	60,972	Nov-15

Tabla 3.3: Posibles usuarios de Nuestra empresa

3.4 INVERSION Y GASTOS.

Desde el punto de vista económico, la implementación de una red celular por parte de una operadora que ingresa al mercado a brindar una gama de nuevos servicios a través de una nueva tecnología (UMTS), representa una inversión considerable, no sólo en cuanto infraestructura se refiere, sino también en cuanto a la competencia con las otras operadoras ya existentes, la inversión publicitaria es primordial para llegar a un punto de equilibrio ya que es más difícil ingresar en un mercado que ya tiene todas las reglas del juego dadas que en un mercado completamente nuevo.

Se revisará de forma general el aspecto económico de la implementación de las redes celulares, se profundizará en aspectos como ganancia y pérdidas de éste negocio, se considerará el aspecto de la infraestructura, para determinar los costos y la inversión total para lograr la red celular.

Para poder realizar el proyecto nos asociaremos con una empresa que brinda servicios de telefonía celular, pero solo servicios GSM, es por eso que pagaremos un porcentaje a la empresa por alquiler de frecuencias, radiobases y por otros servicios más. También hay que indicar que la duración de nuestro proyecto será de 7 años pues el

tiempo que se le termina la concesión a la empresa con la cual nos vamos a asociar.

Una posibilidad debido a la saturación de la banda PCS es la migración hacia las frecuencias 2100 en lo que respecta a UMTS, la figura 3.11 muestra la atribución que en Ecuador ya se ha tomado en cuenta por parte de la CONATEL

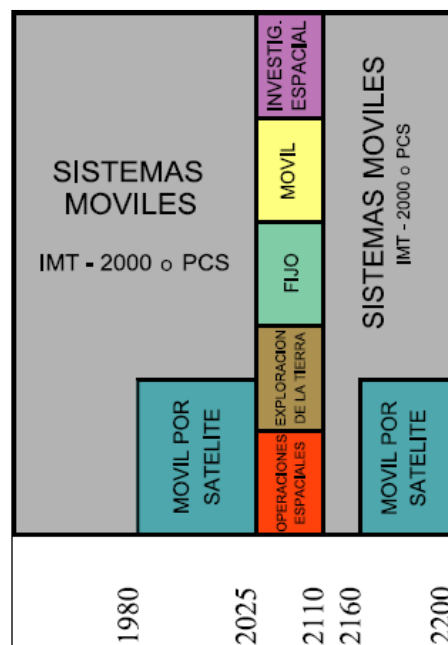


Figura 3.11 Atribución de las bandas PCS en Ecuador [4]

La compra de los equipos y el capital de operación son valores que se deben disponer con la fluidez debida para tener una continuidad en el proceso de crecimiento de la empresa.

Por otro lado en un entorno competitivo los precios de los diferentes servicios no se mantienen constantes sino que deben ser revisados continuamente para que la empresa pueda mantenerse como una alternativa viable dentro del mercado local.

Normalmente los precios se ofertan dependiendo del mercado al cual se aplican, así por ejemplo se tienen precios diferenciados para el sector residencial contra el sector empresarial.

En el presente capítulo se aborda la consideración y valorización de las inversiones, gastos e ingresos para soportar el despliegue del servicio. El costo total de un Nodo B en funcionamiento, es decir, con las 3 antenas correspondientes a cada sector, channel cards (tarjetas de canal), y todos equipos requeridos para su funcionamiento se estima en \$45000.

En cuanto a los radio network controllers el costo de los mismos, listos para usar, es de \$1'200000, este precio incluye instalación y todo el equipo y los elementos de instalación necesarios que se muestran en la tabla 3.2

CORE – EQUIPOS	
BTS 3G (Nodo B)	\$ 43,496.68
RNC (Controlador de 3G para 120 TRX)	\$1,200,000.00

Tabla 3.4: Costos de Equipos del Core

El costo de los elementos principales de instalación de una estación celular está estimado en \$ 5700,00. Mostrados en la tabla 3.3

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	6	6 Cintas aislantes (types)	\$ 0.60	\$ 3.60
2	6	6 Cintas Autofundentes	\$ 6.43	\$ 38.58
3	12	12 Terminales para cable # 6 AWG	\$ 0.38	\$ 4.56
4	6	6 Terminales para cable # 12 AWG	\$ 0.11	\$ 0.66
5	4	4 Terminales para cable # 3/0 AWG	\$ 1.88	\$ 7.52
6	3	3 Amarras plásticas negras 30cmx100	\$ 3.36	\$ 10.08
7	2	2 Amarras plásticas negras 10cmx100	\$ 0.40	\$ 0.80
8	1	1 Juego de etiquetas duras (new / exp)	\$ 20.00	\$ 20.00
9	20	20m Cable batería # 6AWG color verde	\$ 1.42	\$ 28.40
10	7	7m Cable batería # 3/0 AWG color negro	\$ 8.52	\$ 59.64
11	5	5m Cable concéntrico 4x6 AWG	\$ 6.06	\$ 30.30
12	5	Cable concéntrico 4x18 AWG	\$ 0.77	\$ 3.85
13	15	15m Cable flexible # 12 AWG color verde	\$ 0.34	\$ 5.10
14	3	3m Cable flexible # 10 AWG color negro	\$ 0.47	\$ 1.41
15	3	3m Cable batería # 6 AWG color negro	\$ 1.42	\$ 4.26
16	4	4 Cables TQ	\$ 15.00	\$ 60.00
17	2	2 Cables de alarma	\$ 17.00	\$ 34.00
18	3	3 Conectores RJ45	\$ 0.40	\$ 1.20
19	1	1 Conectores DB-9 macho con tapa	\$ 0.67	\$ 0.67
20	16	16cm Riel DIM	\$ 1.81	\$ 28.96
21	2	2 Aislantes	\$ 0.97	\$ 1.94
22	1	1 Relé 220v 8 pines con Socket	\$ 13.41	\$ 13.41
23	7	7m Manguera plástica anillada 1"	\$ 0.84	\$ 5.88
24	5	5m Manguera plástica anillada 3/4"	\$ 0.22	\$ 1.10
25	3	3m Manguera plástica anillada 1/2"	\$ 0.17	\$ 0.51
26	8	8 Pernos con 2 arandelas planas y 1 de presión 3/8x2"	\$ 0.80	\$ 6.40
27	12	12 Pernos con 2 arandelas planas y 1 de presión 1/4x1"	\$ 0.15	\$ 1.80
28	32	32 Conectores RJ45 tipo FTP	\$ 1.80	\$ 57.60
29	32	32 Capuchones negros(Boots) para conectores RJ45	\$ 0.11	\$ 3.52
30	12	12 CONECTORES BNC	\$ 2.00	\$ 24.00
31	240	240 CABLES feeder (7/8´´)	\$ 21.65	\$ 5,196.00
SUB TOTAL				\$ 5,655.75

Tabla 3.5: Valores de los elementos necesarios para instalación de BTS

El costo de instalación y mano de obra de los equipos a montarse en las estaciones bases se estimo alrededor de los \$600.00 mostrado en la tabla 3.4

INSTALACIÓN Y MANO DE OBRA	
Para Instalación en una BTS	\$ 550.00

Tabla 3.6: Costo por instalación de BTS

A continuación se detalla el cálculo realizado para la previsión de costos Operativos. Entre estos se tienen los costos administrativos por operación y mantenimiento tanto de la red como de los clientes, los repuestos necesarios de equipos así como el reemplazo de los mismos. Se incluye también el pago por uso de las frecuencias, la publicidad, costos de interconexión y de servicio de Internet.

LICENCIAS	
Uso de frecuencia	3.0%
FODETEL	1.0%

Tabla 3.7: Porcentaje de valores por licencias

COSTOS Y GASTOS OPERATIVOS Y DE SERVICIO	
Renta sitios (Core + Estaciones Bases)	5900.0
Servicio de Internet (% de ingresos/acceso Internet) crecimiento 10%	30.0%
Administrativos (anual por cliente)	1.0%
Operación y Mantenimiento de la red	3.0%
Publicidad	2.0%
Gastos de venta	3.0%
Gastos de personal (sueldos 4 técnicos, 4 call center, 1 secretaria, 2 contabilidad, un 7% de crecimiento mensual)	7.0%
Gastos operativos de papelería, servicios básicos, alquiler de empresa, con un 10% de crecimiento mensual 10%	10.0%

Tabla 3.8: Costos y Gastos Operativos y de Servicio

3.5 TARIFAS DE NUESTROS SERVICIOS

En nuestro estudio se planea tener un porcentaje de usuarios considerable todos los usuarios de la tecnología UMTS en la ciudad de Guayaquil es por eso que a continuación se detallan las tarifas y planes de nuestro servicio, estas a su vez son muy competitivas en el actual mercado de usuarios UMTS.

Se han clasificado en tarifas por servicio Prepago y tarifas de servicio Postpago, además daremos nuestros servicios por modem y por celular, pero nosotros no venderemos este último, esto lo hará la empresa asociada a nosotros.

A continuación en las siguientes tablas detallamos las tarifas

Plan	MB Incluidos	Velocidad (bajada/subida)	Tarifa Mensual + IVA	Tarifa Final	Costo Mb adicional	Precio Módem USB + IVA	Precio Netbook + IVA
Plan Banda Ancha Móvil 1	5000	2048/256 Kbps	\$ 49,00	\$ 54,88	\$ 0,11	GRATIS	XXX
Plan Banda Ancha Móvil 2	3000	2048/256 Kbps	\$ 39,00	\$ 43,68	\$ 0,11	GRATIS	XXX
Internet Móvil Controlado 3	2000	2048/256 Kbps	\$ 29,00	\$32.48	\$ 0,11	GRATIS	\$ 399.00
Internet Móvil Controlado 4	800	2048/256 Kbps	\$ 19,00	\$21.28	\$ 0,11	\$ 39,00	\$ 449,00

Tabla 3.9: Tarifas de Modem UMTS Postpago

Velocidad máxima es 2048/256 Kbps (bajada/subida)

El costo del MB adicional es de \$0,10 + IVA.

Paquetes de Navegación Prepago	MB Incluidos	Vigencia	Tarifa	Tope descarga
Internet Móvil Prepago 1 Día	Ilimitado *	1 Día	\$ 3.00	100 Mb
Internet Móvil Prepago 7 Días	Ilimitado *	7 Días	\$ 16.00	700 Mb

Tabla 3.10: Tarifas de Modem UMTS Prepago

Velocidad máxima asignada para planes Internet Móvil Prepago 3.5G:

2048/256 kbps (bajada/subida)

La velocidad máxima asignada será controlada a 256 / 64 Kbps una vez consumidos 100 MB en el paquete de 1 día y 700 MB en el paquete de 7 días.

El cliente NO debe ingresar ninguna Tarjeta Prepago hasta finalizar el consumo (podrá ingresar su primera tarjeta prepago Amigo para contratar un paquete comercial luego de concluidos los 30 días).

Nombre del plan	Tipo	Tarifa Mensual	Tarifa Mensual Datos	Precio Mb Adicional	Datos (MB incluidos)	
					Internet + WAP	Blackberry
Plan 1	Abierto o Controlado	\$ 28	\$16.79	\$ 1,54	100	50
Plan 2	Abierto o Controlado	\$ 39	\$16.79	\$ 1,54	200	80
Plan 3	Abierto o Controlado	\$ 62	\$22.39	\$ 1,54	500	200
Plan 4	Abierto o Controlado	\$73	\$22.39	\$ 1,54	2000	700
Plan 5	Abierto o Controlado	\$ 90	\$22.39	\$ 1,54	5000	5000
Plan 6	Abierto o Controlado	\$ 134	\$22.39	N/A	5000	5000

Tabla 3.11: Tarifas de UMTS en telefonía PostPago

Necesitas tener un Plan Abierto/ Controlado (personal o corporativo) y activar un paquete del servicio Internet + Wap.

Velocidad máxima hasta 1.2 Mbps aplica para consumos mensuales inferiores a 3 Gb, en caso de exceso se ajustará a una velocidad máxima de 256 Kbps.

Tarifa Mensual			
Paquetes	Precio Final	Vigencia	MB Incluidos
1	\$15	6 días	256
2	\$20	15 días	512
3	\$30	30 días	1024

Tabla 3.12: Tarifas de UMTS en telefonía Prepago

3.6 FLUJO DE CAJA PROYECTADO

Uno de los elementos más importantes para la evaluación del proyecto, es el flujo de efectivo proyectado. El análisis de los ingresos y gastos permite establecer la rentabilidad y factibilidad del proyecto, mediante la obtención de las variables financieras TIR (Tasa Interna de Retorno) y VAN (Valor Actual Neto).

En la siguiente tabla se detalla el flujo de fondos considerando los ingresos previstos como resultado del portafolio de servicios, precios la demanda proyectada y la capacidad de manejo de usuarios de la red calculada anteriormente con la fórmula

RESUMEN FLUJO DE CAJA PROYECTADO

	Ene-10	Feb-10	Mar-10	Abr-10	May-10	Jun-10	Jul-10	Ago-10	Sep-10	Oct-10	Nov-10	Dic-10
Ingresos		22,174.7	46,782.9	72,000.2	97,826.5	124,261.8	151,306.1	178,959.5	236,093.3	265,573.8	295,663.3	326,361.9
Costos fijos + costos variables	8,750.0	14,976.1	17,739.5	20,541.0	24,280.6	27,166.9	30,093.8	33,980.6	37,922.8	40,990.2	45,040.2	49,149.3
Depreciaciones												
Intereses												
Utilidad Bruta	-8,750.0	7,198.6	29,043.4	51,459.2	73,545.9	97,094.9	121,212.3	144,978.9	198,170.5	224,583.7	250,623.1	277,212.5
Impuestos (15%)	-1,312.5	1,079.8	4,356.5	7,718.9	11,031.9	14,564.2	18,181.8	21,746.8	29,725.6	33,687.6	37,593.5	41,581.9
Utilidad Neta	-10,062.5	6,118.8	24,686.9	43,740.3	62,514.0	82,530.7	103,030.5	123,232.1	168,444.9	190,896.1	213,029.6	235,630.6
Depreciaciones												
Inversión	1,634,966.8	-739,443.6	-869,933.6	1,000,423.6	1,174,410.4	1,304,900.4	1,435,390.4	1,609,377.2	-1,783,363.9	-1,913,853.9	-2,087,840.6	-2,261,827.4
FLUJO DE CAJA	1,645,029.3	-733,324.7	-845,246.7	-956,683.3	1,111,896.4	1,222,369.7	1,332,360.0	1,486,145.1	-1,614,918.9	-1,722,957.8	-1,874,811.0	-2,026,196.7
Flujo de caja acumulado	1,645,029.3	2,378,354.0	3,223,600.7	4,180,284.0	5,292,180.4	6,514,550.1	7,846,910.1	9,333,055.2	10,947,974.1	12,670,931.9	14,545,742.9	16,571,939.6

Tabla 3.13: Resumen del Flujo Proyectoado mensual en el primer año

RESUMEN FLUJO DE CAJA PROYECTADO

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ingresos	1,817,004.0	2,585,221.4	4,891,683.6	8,508,452.1	12,049,197.8	15,763,475.4	17,525,456.8
Costos fijos + costos variables	404,010.8	991,065.1	1,705,814.9	2,071,712.8	2,367,007.7	2,688,151.2	3,038,693.5
Depreciaciones							
Intereses							
Utilidad Bruta	1,412,993.2	1,594,156.3	3,185,868.7	6,436,739.3	9,682,190.2	13,075,324.2	14,486,763.2
Impuestos (15%)	211,949.0	239,123.4	477,880.3	965,510.9	1,452,328.5	1,961,298.6	2,173,014.5
Utilidad Neta	1,201,044.2	1,355,032.9	2,707,988.4	5,471,228.4	8,229,861.6	11,114,025.6	12,313,748.7
Depreciaciones							
Inversión	-17,815,731.8	-3,389,221.9	-2,612,672.3	-1,817,842.1	-617,842.1	-617,842.1	-617,842.1
FLUJO DE CAJA	-16,614,687.6	-2,034,189.1	95,316.1	3,653,386.3	7,612,019.6	10,496,183.5	11,695,906.7
Flujo de caja acumulado	-16,614,687.6	-18,648,876.6	-18,553,560.5	-14,900,174.2	-7,288,154.7	3,208,028.8	14,903,935.5

Tabla 3.14: Resumen del Flujo Projectado Anual

3.6.1 Evaluación Financiera

La evaluación del proyecto en cuanto a su viabilidad se lo realiza calculando el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

3.6.2 Rentabilidad del Proyecto

Es la tasa de descuento que hace que el VAN (Valor Actual Neto) de un proyecto sea igual a cero. Si la tasa de descuento estimada para este tipo de negocio o industria se encuentra por encima de la TIR, el VAN resultará negativo e indicará que no es conveniente realizar el proyecto bajo esas condiciones, de lo contrario el VAN refleja que el proyecto es rentable.

$$\text{TIR} = 13 \%$$

$$\text{VAN} = \$1,088,970.66$$

El valor de estos parámetros indica la factibilidad del proyecto de la implementación de la Red UMTS en la ciudad de Guayaquil.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez que se desarrollo el Estudio de Factibilidad de Implementar una red UMTS en la ciudad de Guayaquil se concluyo:

1. Que los parámetros de análisis económicos como lo son el VAN y TIR, revelan la viabilidad de implementar una red UMTS en la ciudad de Guayaquil, dado a la variedad de servicios y ventajas que ofrece la red UMTS.
2. Que el valor aproximado de usuarios por celdas se estima en 132 (User/cell), lo que implica que para una radiobase trisectorial como las que se han considerado en este estudio de factibilidad de implementación de la red UMTS seria de manejar más de 400 usuarios en lo que respecta al servicio de voz.
3. Que la cantidad aproximada de usuarios debe ser menor al número de usuarios máximo que es capaz de soportar una celda para que el sistema pueda funcionar en condiciones óptimas para evitar que grandes interferencias lo inhabiliten.
4. Que la porción de mercado justifica plenamente la implementación de la nueva red UMTS, dado que los servicios que brinda dicha tecnología cada día son más importantes para el desarrollo de las telecomunicaciones en el país.

Una vez que se desarrollo el Estudio de Factibilidad de Implementar una red UMTS en la ciudad de Guayaquil se hacen las siguientes recomendaciones:

1. El estudio realizado toma en cuenta solamente la capa de las Macro-Celdas, existe la posibilidad de necesitar más sitios de capas inferiores como Micro y Pico celdas en centros de alta concentración de público como centros comerciales y lugares de eventos de alta concurrencia. Todos estos se deberán analizar de acuerdo a los requerimientos del operador y características de comportamiento que se observarán en el momento de la implementación de la red UMTS.
2. En estos tiempos de alta competencia en la tecnología celular es recomendable para las operadoras mantenerse actualizadas en tecnología y servicios a ofrecer. Cualquier servicio agregado que se pueda ofrecer implica una ventaja sustancial contra los competidores.
3. Como se menciona en el trabajo presentado UMTS es recomendado a implementarse, al menos en su fase inicial, en zonas urbanas por la cantidad de clientes potenciales que en este tipo de áreas se presentan.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Trend Communications, "Trend's 3G Guide"
www.makkays.com/3G%20UMTS/3GUMTSguide.pdf, Octubre 2009
- [2] ESPOL, Estudio de factibilidad para la implementación en el Ecuador de redes inalámbricas (IEEE 802.11) sobre redes celulares de tercera generación (UMTS) mediante la utilización de la tecnología Unlicensed Mobile Access (UMA),
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/handle/123456789/543>,
Noviembre 2009
- [3] Harri Holma and Antti Toskala, WCDMA FOR UMTS, Radio Access for Third Generation Mobile Communications 3rd Edition 2004. Diciembre 2009
- [4] ESPOL, Diseño de una red UMTS con cobertura en las principales ciudades del Ecuador,
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/handle/123456789/841>, Octubre 2009
- [5] ESPOL, Estudio comparativo del estándar IEEE 802.20 (Mobile FI) versus UMTS para servicio de acceso inalámbrico a usuarios móviles en el Ecuador
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/handle/123456789/1204>,
Diciembre 2009

- [6] Universidad de San Carlos de Guatemala, Migración de GSM a UMTS, http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_7624.pdf, Noviembre 2009.
- [7] Laboratorio docente de Computacion, TDD-CDMA para comunicaciones inalámbricas de 4ta generación, <http://www ldc.usb.ve/~figueira/cursos/redes2/EXPOSICIONES/4G/contenido.html>, Enero 2010.
- [8] Roger Coudé, Radio Mobile Software, <http://www.cplus.org>, Noviembre 2009.
- [9] Superintendencia de Telecomunicaciones, reporte de usuarios de SMA Marzo 2010, [http:// www.supertel.gov.ec](http://www.supertel.gov.ec), Noviembre 2009.