



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN**

“Normas de Despliegue de una Red UMTS en Áreas Metropolitanas”

### **SEMINARIO DE GRADUACIÓN**

Previa la obtención del Título de:

### **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

Henry Gabriel Soledispa Alvarado

Milton Napoleón Flores Zhamungui

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2010

# AGRADECIMIENTO

A Dios y sus constantes bendiciones.

A nuestros padres por su apoyo incondicional.

A los compañeros que colaboraron de varias maneras a la culminación de este proyecto.

A los profesores que supieron compartir sus conocimientos y experiencias de sus labores cotidianas.

**Milton Flores Zh.**

Este trabajo es la compilación de horas de esfuerzo y sacrificios, pero si algo he aprendido a lo largo de mi vida es que esto siempre se ve recompensado al final.

Quisiera agradecer en primer lugar a mis padres en los cuales siempre he encontrado un apoyo y confianza incondicional hacia mí, ellos me han enseñado que la constancia y la perseverancia siempre harán que cualquier persona cumpla sus sueños y metas, no cabe duda que soy una persona sumamente afortunada ya que sin sus sabias palabras y consejos probablemente no estaría escribiendo estas líneas.

También quisiera agradecer a mi hermana Zully y a mis amigos, que siempre me han escuchado y ayudado en todo momento.

Por últimos agradezco la ayuda brindada por aquellos profesionales de distintas empresas que pacientemente ayudaron a que definiera el camino que tendría este trabajo, así como las largas horas que me brindaron de ayuda para la realización de este trabajo.

**A todos ustedes Gracias**

**Henry Soledispa A.**

# DEDICATORIAS

A mis padres Henry, Mirella y a mi hermana Zully quienes son los responsables de que yo pudiera lograr con éxito todos mis objetivos planteados.

**Henry Soledispa Alvarado.**

A Dios por la oportunidad de crecer cada día. A mis padres Napoleón, Esperanza; por todo ese apoyo incondicional y me han guiado siempre para seguir adelante. A mi hermana Carmen, mi sobrino Richard, mi familia y todas aquellas personas que supieron estar en el momento adecuado dando palabras de aliento para no decaer en los esfuerzos y brindaron todo su apoyo.

**Milton Flores Zh.**

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Msc. Washington Medina

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN

---

Msc. Carlos Avilés

PROFESOR DELEGADO POR EL DECANO DE LA FACULTAD

# DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

---

Milton Napoleón Flores Zhamungui

---

Henry Gabriel Soledispa Alvarado

# RESUMEN

El presente trabajo “Normas de Despliegue de una Red UMTS en Áreas Metropolitanas” forma parte del Seminario de Graduación “Redes UMTS”. Tiene como objeto definir, mencionar, estudiar, analizar y presentar criterios y normas para el correcto despliegue de una red UMTS, puntualizando todo lo correspondiente a infraestructura, construcción de un nodo b, cableado estructurado e instalación de equipos UMTS y antenas celulares, adicionalmente se tomará en cuenta como principio fundamental la necesidad de coexistir con las redes móviles de segunda generación (GSM), explicando la forma correcta de cómo deberían estar instalados los equipos, todo esto en base a las normas y criterios expuestos en este documento. El proyecto lo ha estructurado en 3 capítulos que lo detallamos a continuación:

En el capítulo 1, se explican algunos puntos de los aspectos básicos de la telefonía celular, teniendo en cuenta las generaciones que ha presentado las tecnologías durante estos tiempos, esto es muy importante ya que facilitará el entendimiento del despliegue considerando la coexistencia de los equipos 2G con los equipos UMTS.

En el capítulo 2, se citarán las regulaciones de impacto visual, ambiental y el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante

generadas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, las mismas que deben ser tomada en cuenta para la construcción de un Nodo B y la colocación de las antenas celulares (UMTS), luego se hará un plan de despliegue respetando los decretos anteriormente mencionados, también se analizarán las normas técnicas a los cuales deberá regirse en caso de realizar algún cambio en su infraestructura y la disponibilidad legal donde debe funcionar o ubicar nuevas radio estaciones.

En el capítulo 3, se elaborará la planificación y dimensionamiento de una red UMTS, indicando las características fundamentales de movilidad, cobertura, estructura y capacidad en los dispositivos con los cuales el sistema debe trabajar, además para el caso de coexistencia de tecnologías (2G-3G) se mostrará la correcta instalación de los nuevos equipos siguiendo criterios de cableado estructurado, finalmente mostraremos el crecimiento de la red haciendo referencia al modelo de tráfico, esto con la ayuda de un estudio realizado durante 8 meses en el cual se realizó un muestreo periódico en el tráfico de voz y datos.



# INDICE GENERAL

RESUMEN

ABREVIATURAS

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	9
Objetivo Específico.....	10
Objetivos Generales.....	9
Marco Legal.....	10
Alcance y ámbito técnico del estudio .....	11
1. TELEFONÍA CELULAR: estructura y desarrollo .....	13
1.1 Convergencia .....	13

1.2	Introducción a la Telefonía Móvil .....	15
1.2.1	Organización Celular .....	17
1.2.2	Generaciones de la Telefonía Celular .....	23
2.	CRITERIOS Y NORMAS PARA REALIZAR UN PLAN DE DESPLIEGUE .....	29
2.1	Elementos Normativos.....	29
2.2	Gestión Técnico-Administrativo.....	32
2.3	Plan de Despliegue.....	34
2.4	Integración en el Entorno.....	37
2.5	Principios y políticas de integración de las infraestructuras de las radiocomunicaciones.....	39
2.5.1	Elementos de Funcionalidad Técnica e Infraestructura.....	39
2.5.2	Definición de Elementos Integrantes de Infraestructura.....	45
2.5.3	Edificaciones Normalizadas.....	46
2.5.4	Sistemas Radiantes y sus soportes (Mástiles).....	50
3.	Planificación y Dimensionamiento de una RED UMTS en un área urbana	

3.1	INTRODUCCION.....	62
3.1.1	Espectro de frecuencia para 3ra generación.....	63
3.2	Planificación Red UMTS (Radio Acceso). ....	65
3.3	Movilidad y Cobertura.....	66
3.4	Fases en el desarrollo de UMTS .....	67
3.5	Dimensionamiento de la Red UMTS.....	68
3.5.1	Modelo de Tráfico.....	68
3.5.2	Requerimiento de Cobertura .....	69
3.5.3	Cobertura de celda.....	70
3.5.4	Capacidad de celda.....	72
3.5.5	Aspectos de hardware NODE B .....	73
3.6	Planificación de una Red 3G (UMTS) a partir de un estudio de muestreo del tráfico de voz y datos realizados en la ciudad de Guayaquil.	
	75	
3.6.1	Introducción.....	76
3.6.2	Proyección del despliegue.....	79

3.6.3    Requerimiento de instalación del rack RNC;**Error! Marcador no definido.**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 101

REFERENCIAS

# ABREVIATURAS

2G	Segunda Generación
3G	Tercera Generación
BTS	Base terminal station
BSC	Base station control
CDMA	Code división multiple access
CONATEL	Consejo nacional de telecomunicaciones
CS	Commutation de circuitos
EDGE	Enhanced Data Rate for GSM evolution
EVDO	Evolution Data Optimized
EVDV	Evolution Data and Voice
EIRP	Potencia de transmisión efectiva
FS	Estación Fija

FDMA	Frecuencia División multiple access
GSM	Global system mobile
GPRS	General packet radio services
GoS	Grado de servicio
HSCSD	High speed circuit switched data
IP	Protocolo de internet
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones
Khz	Kilohertz
Kbps	Kilo bits por segundo
Km	Kilometro
MS	Estación móvil
MSC	Mobile telephone switching office
PS	Conmutación de paquetes
PSTN	Red Telefonica publica
QoS	Calidad de servicio
RNC	Radio network controller

SNT	Secretaría nacional de telecomunicaciones
SMA	Servicio móvil avanzado
TDMA	Time división multiple access
UE	Equipo de usuario
UTRA	Acceso universal radioeléctrico terrestre
Mhz	Megahertz
WCDMA	WideBand CDMA
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System

# INDICE DE IMÁGENES

FIGURA 2-1 CONVERGENCIA EN LAS REDES MOVILES. ....	14
FIGURA 2-2 ELEMENTOS BÁSICOS EN LA TELEFONÍA MÓVIL.....	17
FIGURA 2-3 CELDAS TRIANGULARES. ....	18
FIGURA 2-4 CELDAS CUADRADAS. ....	18
FIGURA 2-5 CELDAS HEXAGONALES.....	18
FIGURA 2-6 COBERTURA IRREGULAR DE LAS CELDAS.....	19
FIGURA 2-7 SOLAPAMIENTO DE CELDAS PEQUEÑAS EN OTRAS GRANDES. ....	19
FIGURA 2-8 DIVISIÓN DE UNA CELDA EN TRES SECTORES.....	20
FIGURA 2-9 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS .....	21
FIGURA 3-1 ELEMENTOS INTERNOS DE UNA ESTACIÓN BASE. ....	41
FIGURA 3-2 TIPOS DE CÉLULAS. ....	42
FIGURA 3-3 CASETA.....	49
FIGURA 3-4 SISTEMA RADIANTE .....	51



FIGURA 3-5 SISTEMA RADIANTE .....	52
FIGURA 3-6 ANTENA EN MÁSTIL.....	52
FIGURA 3-7 CONSTRUCCIÓN DE ELEVADA ALTURA .....	54
FIGURA 3-8 INSTALACIÓN EN ZONAS ALTAS.....	56
FIGURA 3-9 MÁSTILES EN AZOTEA .....	59
FIGURA 3-10 FIGURA CERRAMIENTO .....	60
Figura 4-1 PROCESO DE PLANIFICACIÓN .....	66
FIGURA 4-2 DATOS DE ENTRADA PARA DETERMINACIÓN DEL MÓDELO DE TRÁFICO .....	69
FIGURA 4-3 PARÁMETROS CONSIDERABLES EN DETERMINAR LA COBERTURA .....	69
FIGURA 4-4 RACK RNC .....	88
FIGURA 4-5 INSTALACIÓN RNC.....	89
FIGURA 4-6 FIJACIÓN RACK.....	90
FIGURA 4-7 PLANOS PARA EL RACK DE FUERZA .....	90
FIGURA 4-8 CABLE DE ENERGIA RECORRIDO HORIZONTAL (1) .....	91
FIGURA 4-9 CABLE DE ENERGIA RECORRIDO HORIZONTAL (2) .....	92

FIGURA 4-10 CABLE DE ENERGIA RECORRIDO HORIZONTAL (3) .....	92
FIGURA 4-11 CABLE DE ENERGIA RECORRIDO VERTICAL .....	93
FIGURA 4-12 CABLE DE TIERRA .....	94
FIGURA 4-13 BARRA DE TIERRA.....	95
FIGURA 4-14 FIBRA OPTICA .....	95
FIGURA 4-15 INTERCONEXION RNC Y MGW .....	96
FIGURA 4-16 ESQUEMA DE LA IMPLEMENTACIÓN PARA EL DESPLIEGUE 3G .....	77
FIGURA 4-17 ESTRUCTURA DEL RNC .....	86

# INDICE DE TABLAS

TABLA I: ESPECTRO DE FRECUENCIAS PARA LA ANDA DE 800 MHZ.....	64
TABLA II: ASIGNACIÓN DE SUB-BANDAS DE FRECUENCIAS EN 1900 MHZ.....	65
TABLA III: VELOCIDAD DE DATOS DE ACUERDO A COBERTURA Y MOVILIDAD .....	67
TABLA IV: EVOLUCIÓN DE MALLA CELULAR .....	75
TABLA V: ESTADISTICAS DE PROYECCION DE DESPLIEGUE.....	79
TABLA VI: CAPACIDAD DEL RNC.....	86

# INTRODUCCIÓN

En la actualidad las comunicaciones móviles se han convertido en mas que un lujo, una necesidad en la vida cotidiana. UMTS en el campo de la telefonía celular ofrece acceso a internet, datos y a contenidos multimedia con amplias ventajas sobre otras tecnologías, debido a las velocidades superiores de transmisión de datos y la confiabilidad de comunicación. El presente trabajo muestra un enfoque básico de la telefonía móvil orientada a UMTS, sus normas de implementación y características para un óptimo despliegue, se estudiarán y se pondrán en práctica los criterios para la construcción de las radio estaciones y su respectivo cableado estructurado, adicionalmente se realizará una proyección en función a un modelo de trafico de voz y datos en un determinado plazo especificando el crecimiento de la red, de equipos e infraestructura tomando en cuenta las normas y criterios estudiados.

Con la realización de este proyecto esperamos que las normas y criterios sugeridos no solo sean un aporte clave para futuros despliegues de tecnologías celulares de tercera generación, sino que sea referente a ser tomado en cuenta como base para futuros proyectos.

# OBJETIVOS

## Objetivos Generales

El objetivo general del presente trabajo es revisar los posibles escenarios de interfuncionamiento que se presentarán al despliegue de tecnologías celulares de tercera generación.

Los objetivos Generales para llevar a cabo el trabajo son los siguientes:

- Presentar, estudiar y aportar criterios y metodologías para la planificación de redes celulares de tecnología 3G.
- Identificar, evaluar y describir los impactos ambientales generados en la instalación, operación, mantenimiento y abandono de las radio bases de telefonía móvil celular.
- Presentar los pasos a seguir en el proceso del despliegue de una red UMTS que complemente con la red 2G.
- Elaboración de un plan de instalación de equipos de un Nodo B considerando las normas descritas en este trabajo.
- Realizar una planificación y dimensionamiento de una Red UMTS en la ciudad más pobladas del país apoyándonos en una proyección del crecimiento del tráfico de voz y datos a nivel urbano, siguiendo los criterios antes mencionados.

## **Objetivo Específico**

El objetivo principal de este proyecto dada las normas ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en su Serie L la cual hace referencia a la construcción, instalación, protección de los cables y otros elementos de planta exterior y los criterios emitidos por ministerios de la Ilustre Municipalidad de Guayaquil, es desplegar una red UMTS en función de su infraestructura tales como, construcción del nodo b, instalación de sus equipos y su respectivo cableado estructurado, considerando las normativas expuestas por el régimen municipal, además de aportar con criterios que optimizarían la realización de este tipo de proyectos.

## **Marco Legal**

Los principales cuerpos legales a los cuales debe regirse el Estudio de Impacto Ambiental serán:

- Constitución Política de la República del Ecuador. Registro Oficial N° 1 del 11 de agosto de 1998.
- Ley de Gestión Ambiental. Registro Oficial N° 245 del 30 de julio de 1999.
- Ley Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Decreto Supremo N° 374, RO N° 97 del 31 de mayo de 1976.
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre. Registro Oficial 64 del 24 de agosto de 1981.

- Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada. Registro Oficial N° 996 del 10 de agosto de 1992.
- Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico. Registro Oficial N° 536 del 3 de marzo de 2005.
- Normativa ITU-Serie L que hace referencia a la Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior, la misma que hará mención a la parte de cableado estructurado en las instalaciones del nodo.

### **Alcance y ámbito técnico del estudio**

El Estudio se regirá a lo establecido en el marco legal ambiental y visual y cableado estructurado mencionado anteriormente y a los presentes términos de referencia.

Debido a la distribución de la red de antenas de telefonía móvil celular, la descripción de los componentes ambientales (Diagnóstico Ambiental) se efectuará de manera general, y cubrirá la ciudad de Guayaquil en las cuales se encuentran o se encontrarán instaladas las estaciones base celular, es decir, la descripción de los componentes ambientales constituye información de referencia acerca de la situación actual del área contemplada por todo el proyecto, para esto analizaremos dos componentes muy importantes:

- **Componente Físico**

La descripción del componente físico abarcará: geología, geomorfología y suelos, uso del suelo y cobertura vegetal, paisaje, riesgos naturales,

climatología (clasificación climática y descripción de los principales parámetros meteorológicos)

- **Componente Biótico**

Para la descripción del componente biótico se tomará en cuenta las zonas de vida, flora, fauna y ecosistemas frágiles.

Adicionalmente, se efectuará una descripción detallada para la instalación y su área de influencia, esta descripción deberá contener información relevante acerca de las condiciones técnicas y ambientales existentes en el sitio, esto quiere decir que se contemplará información relevante acerca de las condiciones técnicas y ambientales existentes en el sitio donde se encuentran o encontrarán ubicadas cada una de las estaciones base celular, se efectuará una descripción ambiental del lugar; de ruido, ambiente y radiación no ionizante, en función de lo establecido en el Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, respectivamente; adicionalmente se describirá la conflictividad social en el lugar y el respectivo respaldo fotográfico.



# CAPITULO 1

## 1. TELEFONÍA CELULAR: ESTRUCTURA Y DESARROLLO

### 1.1 Convergencia

La convergencia en Telecomunicaciones, se puede referir a: la prestación de nuevos servicios con la infraestructura existente; la creación de nuevos tipos de infraestructura y al mejoramiento de servicios y tecnologías existentes para ofrecer nuevas posibilidades; y la capacidad tecnológica, comercial, jurídica y reglamentaria para integrar estructuras industriales, mercados o tecnologías que anteriormente estaban separados.

La convergencia involucra fundamentalmente tres aspectos que interactúan entre sí:

- Aspectos Tecnológicos.
- Aspectos de Mercado.
- Aspectos Regulatorios.

La convergencia de servicios y tecnologías que está y estará ocurriendo en la telefonía celular, hacen necesario poder maximizar el uso de los recursos, en especial el espectro radioeléctrico. Para esto, además de considerar los parámetros que generalmente se utilizan al momento de desplegar una red celular, se deberán tomar en cuenta los posibles escenarios que provoquen esta convergencia, en parte por las diferencias de capacidades de las tecnologías.

Es en este contexto donde se sitúa el trabajo para desarrollar nuestro tema, en particular se busca presentar metodologías, criterios y herramientas que permitan planificar el lugar de ubicación de las antenas y estaciones base, frecuencia a utilizar, además de la capacidad y cobertura que debe tener cada antena. Todo esto se realiza para redes UMTS, analizando la planificación complementaria de estas tecnologías y definiendo las directrices de cómo abordar este empalme de tecnologías en nuestro país.

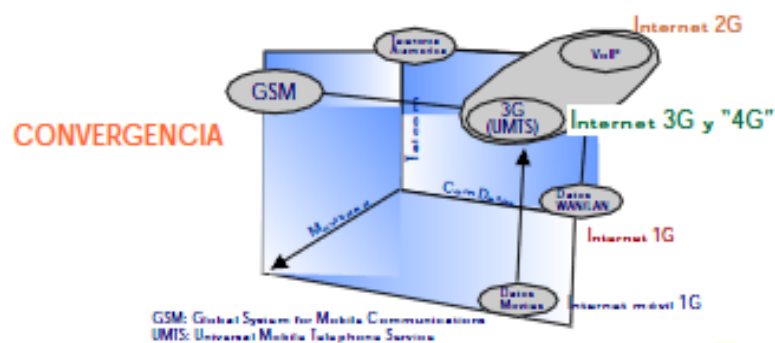


FIGURA 2-1 CONVERGENCIA EN LAS REDES MOVILES.

## 1.2 Introducción a la Telefonía Móvil

Los sistemas de radiocomunicaciones móviles permiten el intercambio de información entre terminales móviles, a bordo de vehículos o transportados por personas y terminales fijos a través de un medio de transmisión radioeléctrico con unas características de calidad determinadas.

A continuación: se describirán los elementos básicos que conforman estos sistemas.

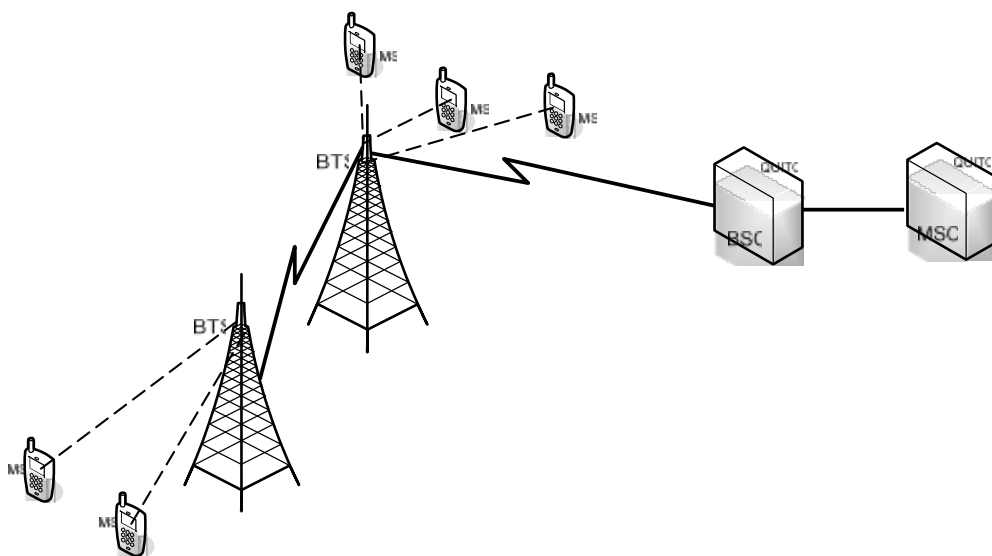
**Estación fija (FS):** las cuales pueden ser de distintos tipos:

- **Estación base (BTS Base Terminal Station):** Son estaciones fijas que pueden ser comandadas directamente desde una unidad de control. Este control puede ser fijo o remoto mediante líneas telefónicas o radioenlaces.
- La BTS está constituida básicamente por un conjunto de transceptores, ubicados en el centro físico de cada celda. Su función es la de emitir las señales de radio de manera que se convierte en el interfaz radioeléctrico entre el usuario y la red.
- **Estación de Control (BSC Base Station Control):** Es una estación fija operacional, las transmisiones de esta estación se utilizan para controlar automáticamente el funcionamiento o las emisiones de otra estación de

radio, generalmente se utilizan para controlar una BTS o una repetidora.

**Estación Móvil (MS).** Como su nombre lo indica es la estación que va a tener movilidad, además es la única parte del sistema que está directamente manejada por el usuario. La diversidad de este tipo de estaciones se extiende cada día de la mano con los servicios a los usuarios.

**Central de conmutación móvil (MSC).** Conocida también (Mobile Telephone Switching Office). Tiene como función primordial el controlar el procesamiento y establecimiento de llamadas así como la realización de las mismas. El MSC proporciona también una administración centralizada y el mantenimiento crítico para toda la red e interfaces con la red telefónica pública conmutada (PSTN). Es responsable de gestionar, encaminar y tarifar las conversaciones entre terminales móviles y la PSTN.



## FIGURA 2-2 ELEMENTOS BÁSICOS EN LA TELEFONÍA MÓVIL

### 1.2.1 Organización Celular

El estudio teórico de los sistemas celulares trata de atender los siguientes problemas:

- Forma geométrica más conveniente para la celda.
- Análisis de interferencia y determinación de parámetros básicos de la geometría celular en conexión con la asignación de canales.

En primera instancia se debe dividir la zona de cobertura deseada en zonas más pequeñas, lo cual se hace mediante celdas, se han tomado polígonos regulares para que no exista solapamiento entre estas, se pueden considerar los siguientes tipos:

**Celdas Cuadradas y Triangulares:** Este tipo de celdas no son las más apropiadas ya que geoméricamente presentan problemas de radiación uniforme dentro de la celda, dado que la distancia entre el punto central y sus extremos no es el mismo, y determinar una radiación de este tipo para que la señal sea igual en todos los puntos resulta complicado como se muestra en las figuras 2.3 y 2.4.

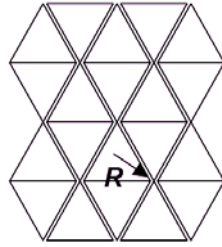


FIGURA 2-3 CELDAS TRIANGULARES.

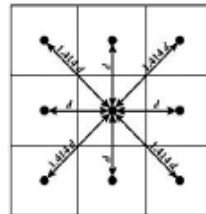


FIGURA 2-4 CELDAS CUADRADAS.

**Celdas Hexagonales:** Se puede decir que esta es la opción más adecuada para la determinación del tipo de celdas a usar en telefonía móvil celular ya que el radio de la celda es similar al radio del círculo que lo circunscribe, como se muestra en la figura 2.5.

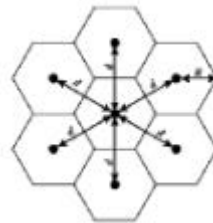


FIGURA 2-5 CELDAS HEXAGONALES.

En la práctica, las celdas no son exactamente hexagonales, ya que su zona de cobertura depende de muchos factores y la geometría real de este sistema es irregular y se vería como en la figura 2.6:

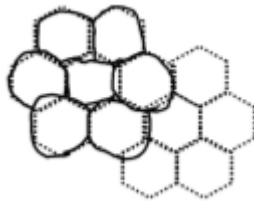


FIGURA 2-6 COBERTURA IRREGULAR DE LAS CELDAS

En la práctica, la división celular depende directamente del tráfico en el área de cobertura, es por esto que existe el solapamiento de celdas pequeñas en otras grandes lo cual hace que el mapa de celdas no sea homogéneo como se muestra en la figura 2.7.

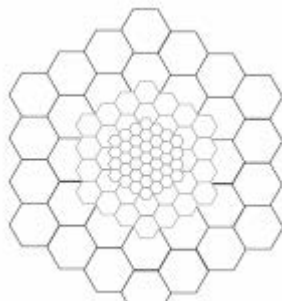


FIGURA 2-7 SOLAPAMIENTO DE CELDAS PEQUEÑAS EN OTRAS GRANDES.

Generalmente se suele dividir una celda en tres sectores, a los que se da el servicio desde los vértices alternos del hexágono, mediante tres estaciones de base con haces de antenas direccionales. La ventaja de estos emplazamientos es que

pueden cubrir sectores de estaciones vecinas, lo cual brinda una economía relacionada a los costos de infraestructura.

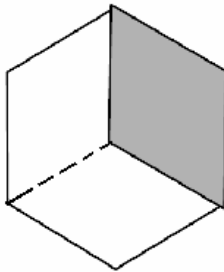


FIGURA 2-8 DIVISIÓN DE UNA CELDA EN TRES SECTORES.

**Reutilización de Frecuencias** La reutilización de frecuencias consiste en seleccionar y colocar grupos de canales en cada celda dentro de un sistema, al utilizar la misma banda de frecuencias varias veces se produce un aumento de la capacidad del sistema para un determinado ancho de banda. Los sistemas de radio celulares se basan en la asignación inteligente así como en la reutilización de los canales a lo largo de una región de cobertura.

El objetivo es conocer cuantas celdas intermedias debe haber entre dos que utilizan la misma banda de frecuencias para que no haya interferencia a lo que se denomina distancia cocanal.



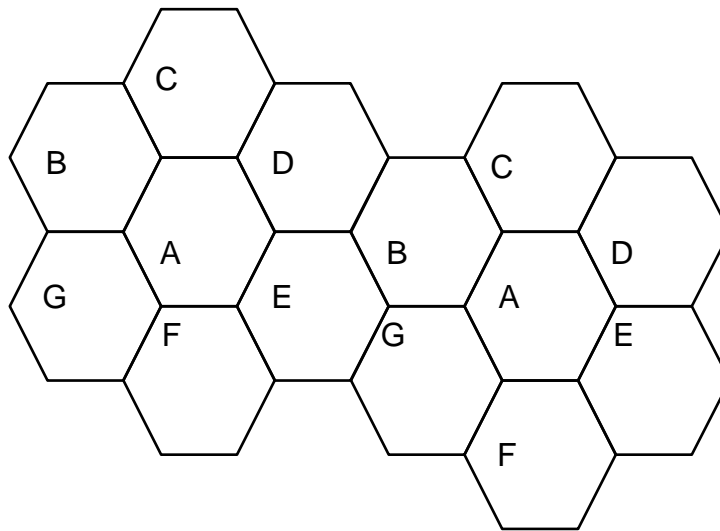


FIGURA 2-9 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS

En la figura 2.9 se puede observar la división de frecuencias por letras donde celdas con la misma letra utilizan el mismo grupo de canales.

**Movilidad:** La movilidad de los usuarios en un sistema celular es la diferencia básica con la telefonía fija, ya que el encaminamiento de la llamada en estas últimas se realiza únicamente con el número de teléfono.

Mientras que en un sistema celular, la celda con la que se debe establecer el contacto hacia el usuario cambia cuando éste se mueve. Para recibir llamadas, primero se debe localizar al usuario móvil y después el sistema debe determinar en qué celda está actualmente.

Este traspaso de una celda a otra debe ser transparente para el usuario, es por esto que se utilizan varias funciones y dentro de ellas se tiene:

- **Handoff (función de traspaso)** Básicamente se trata de la transferencia de una llamada de una estación base a otra cuando el usuario se mueve de una celda a otra mientras una llamada está en progreso, la movilidad del usuario puede inducir la necesidad de cambiar de celda, en particular cuando la calidad de la transmisión cae por debajo de un umbral. Con un sistema basado en celdas grandes, la probabilidad de que ocurra esto es pequeña y la pérdida de una llamada podría ser aceptable. Sin embargo, si se quiere lograr grandes capacidades se tiene que reducir el tamaño de la celda, con lo que el mantenimiento de las llamadas es una tarea esencial para evitar un alto grado de insatisfacción en los abonados.
- **Roaming (función de seguimiento)** Esta función abarca el traspaso del servicio (handoff) entre áreas atendidas por operadores diferentes con sistemas compatibles. Diferentes operadores de red, pueden usar esta posibilidad para ofrecer a sus abonados un área de cobertura mucho mayor a la que cualquiera de ellos pudiera ofrecer por sí mismo.

Esta se puede proporcionar mediante acuerdos administrativos y técnicos. Que permiten al usuario acceder a todas las redes con la misma estación móvil.

## 1.2.2 Generaciones de la Telefonía Celular

La telefonía celular se ha caracterizado por pasar varias etapas a las cuales se les denomina generaciones.

- **Primera Generación.**

En la primera generación de telefonía móvil celular se adoptó la técnica de acceso FDMA (*Frecuencia División Múltiple Access*), la cual utilizaba el Acceso Múltiple por División de Frecuencia y dos frecuencias portadoras distintas para establecer la comunicación en transmisión y recepción. Hizo su aparición en 1979 y se caracterizó por lo siguiente:

- Comunicación analógica.
- Básicamente servicio de voz.
- Baja capacidad
- Cobertura Limitada: Local o Regional
- Transferencia entre celdas muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad (Basadas en FDMA).
- Las interfaces son propietarias.

- **Segunda Generación**

Utiliza protocolos de codificación más sofisticados. Se introduce las técnicas de acceso TDMA (*Time División Múltiple Access*) y CDMA (*Code División Múltiple Access*), las cuales son utilizadas para que un número de usuarios accedan a una radio frecuencia sin interferencia, para esto se dividió cada canal analógico en 3 slots de tiempo, de esta manera 3 usuarios comparten el mismo canal. Esta generación se incorporó en 1990 y las características más importantes de la misma son las siguientes:

- Comunicación con información digitalizada.
- Conmutación por circuitos.
- Voz y datos básicos: Fax, SMS
- Cobertura regional con roaming transnacional.
- Estándares: GSM (Global System Mobile, 8 times slots pos cada 200KHz de canal de radio), D-AMPS (Digital AMPS), PDC( Pacific Digital Celular, es un estándar Japonés similar a IS-136), IS-95(CDMA, Code División Múltiple Access , soporta sobre los 64 usuarios en canales de 1,25MHz), IS-136(U.S. Digital Celular 3 time slots por cada 30KHz).

- Más interfaces abiertas.
- Mayor calidad de las transmisiones de voz.
- Mayor capacidad de usuarios.
- Mayor confiabilidad de las conversaciones.
- La posibilidad de transmitir mensajes alfanuméricos. Este servicio permite enviar y recibir mensajes cortos con capacidad de hasta 160 caracteres desde un teléfono móvil.

Los estándares de la segunda generación representan el primer grupo de interfaces aire inalámbrico que cuentan con una modulación digital y un sofisticado proceso de señalización digital tanto en el terminal de usuario como en la estación base.

- **Generación 2.5**

Con el objeto de incorporar características más avanzadas sobre las redes de generación se implementaron nuevos estándares a los que se les denominó como 2.5G y que cuentan con las siguientes características:

Incrementar las tasas de transmisión de datos.

- Soportar modernas aplicaciones de Internet como e-mail, comercio electrónico y localización basada en servicios móviles.
- Permite la coexistencia con los equipos de segunda generación.
- Soporta lenguajes para navegación Web como WAP e I-mode.
- Representan el paso intermedio de evolución hacia los sistemas avanzados de comunicaciones móviles (3G).
- Estándares: Tres caminos de actualización fueron desarrollados para los operadores GSM los que son HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), GPRS (General Packet Radio Services), EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution). Para el caso de tecnología CDMA la solución 2.5G fue denominada IS-95B.

- **Tercera Generación**

Se caracteriza por la convergencia de servicios voz, datos y video; esto quiere decir que estos servicios pueden coexistir simultáneamente. Es el punto de referencia en la evolución de la telefonía móvil, con el desarrollo de los servicios avanzados y personalizados, grandes volúmenes de información e interacción con el usuario. Las características más importantes de la misma son las siguientes:

- Comunicación Digital.

- Datos avanzados Multimedia.
- Acceso de alta velocidad.
- Cobertura Global.
- Estándares: UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) (WCDMA Wideband CDMA), CDMA 2000 EVDO/EVDV (Evolution Data Optimized (Evolution Data and Voice)).
- Altas velocidades.
- Perspectiva mayor sobre la cantidad de usuarios en el mundo.
- Poseer una interfaz de radio mejorada en capacidad de transferencia de información y en eficiencia espectral.
- Diseño de los protocolos de la interfaz de aire para soportar múltiples aplicaciones con requerimientos diferentes de tasas de transferencia y calidad de servicio.
- Un gran conjunto de nuevas funcionalidades
- Robustez y mecanismos para soportar intensa interferencia.
- Servicios de conexión en modo paquetes (fundamentalmente protocolo IP) como circuitos.

- Posibilidad de traspaso de redes 3G a 2G, para minimizar costos de implementación aprovechando cobertura existente en 2G.
- Posibilidad de compartir infraestructura de sitios con BTS de 2da generación.
- Se procura reutilizar la infraestructura de 2da generación tanto como sea posible.
- La evolución del estándar CDMA hacia 3G se orienta al uso de CDMA 2000 mientras que el estándar GSM tiene su eventual evolución hacia UMTS.



# CAPITULO 2

## 2. CRITERIOS Y NORMAS PARA REALIZAR UN PLAN DE DESPLIEGUE

### 2.1 Elementos Normativos

La regulación de las telecomunicaciones móviles en el Ecuador tiene su origen, en el artículo 57 de la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, establece que la operación del servicio móvil automático se prestará mediante Operadores en las condiciones que el Contrato de Concesión, la Ley y los Reglamentos establezcan, con los servicios finales que permita su red.

En telefonía móvil, ahora contamos con tres operadores, en este sentido cabe destacar que el conjunto de las redes desplegadas por las compañías de móviles que operan en Ecuador proporcionan un 70.44% de usuarios en Porta, 27.48% de usuarios en Movistar y un 2.48% de usuarios en Alegro de un global del territorio nacional.

Esta liberalización del despliegue de redes tiene entre otros requisitos y características el propiciar que cada operador disponga de su propia red de infraestructuras.

Podemos decir que las instalaciones y funcionamiento de las infraestructuras necesarias para prestar el servicio de telefonía móvil están afectadas por tres bloques legislativos:

- Telecomunicaciones y uso del espectro radioeléctrico.
- Sanidad (protección contra las emisiones) y medio ambiente (impacto visual y medioambiental).
- Ordenación del territorio y urbanismo.

Básicamente, al Estado le está reservada la competencia exclusiva en telecomunicaciones, es decir tanto la legislativa básica como la de desarrollo, que se materializa en la Ley General de Telecomunicaciones (CONATEL) y normativa que la desarrolla. Además, y por su relevancia, es necesario recordar su competencia para establecer las bases en materia sanitaria, lo que se sujetará a la interpretación que consta en el Convenio de la UIT y sus regulaciones.

El ámbito de sus competencias en medio ambiente, salud y ordenación del territorio, dentro del marco que nos ocupa, de manera directa, con normativa

específica para instalaciones de radiocomunicación, o indirecta, también establecen condiciones para la instalación de infraestructuras que los operadores deben cumplir.

Procedimientos para la concesión de las oportunas licencias para la instalación de las estaciones base y antenas.

Así, el operador de telefonía móvil tiene que responder a diversos requerimientos normativos de las administraciones implicadas, en ocasiones contradictorios e, incluso, duplicados. En numerosas ocasiones y foros, el sector de la telefonía móvil ha llamado la atención sobre las dificultades y retrasos que esa heterogeneidad de normativa supone para la implantación de las infraestructuras sin las que no puede asegurarse el servicio y ha reclamado en consecuencia un procedimiento de referencia y requerimientos similares en el ámbito urbano.

En este sentido, para el despliegue de Infraestructuras de Radiocomunicación, entre cuyas recomendaciones se reconoce la necesidad de unificar criterios, y que ha llevado a establecer un procedimiento administrativo de referencia.

Finalizada la instalación de las infraestructuras de telefonía móvil, tras su puesta en funcionamiento, se llevarán a cabo los controles que se establezcan reglamentariamente para dar cumplimiento a las disposiciones legales vigentes, especialmente en materia de exposición a campos electromagnéticos para la población en general.

## **2.2 Gestión Técnico-Administrativo.**

De acuerdo a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT), luego de la autorización del Consejo de Telecomunicaciones (CONATEL) basándose en el artículo 5, la solicitud de licencia para instalar una Estación Base de telefonía móvil requiere ir acompañada de un proyecto técnico urbano.

En donde el proyecto técnico urbano deberán recogerse los siguientes datos:

- Denominación social y dirección de la entidad solicitante de la licencia.
- Representación legal de la entidad solicitante de la licencia
- Dirección exacta del lugar para el que se solicita licencia señalando a qué tipo de suelo pertenece, teniendo en cuenta la normativa y planeamiento vigente en cada caso.
- Justificación del cumplimiento de la normativa vigente sobre protección del medio ambiente, seguridad, salubridad, prevención de incendios y riesgos y accidentes laborales
- Cálculos justificativos de la estabilidad de las instalaciones desde un punto de vista estructural y de fijaciones al edificio, con los planos constructivos correspondientes.
- Características técnicas de la instalación:

- Altura del lugar
  - Número de sectores y orientación
  - Altura y dimensiones de las antenas del sistema radiante
  - Descripción básica de las tecnologías empleadas
- Documentación gráfica ilustrativa del impacto visual de la instalación desde el nivel de vía pública, incluyendo fotomontajes, plano, medidas correctoras en su caso, así como referencias a la situación paisajística previa con las características del entorno que puedan servir para valorar las posibles fragilidades visuales (del punto, del entorno y la derivada de las características histórico-culturales y naturales), intentando proporcionar algunas variables de visualización para tal fin, como por ejemplo las características topográficas, la cuenca visual, la calidad visual del entorno inmediato y del fondo escénico, el interés natural, histórico- patrimonial, cultural y etnográfico del entorno inmediato, la localización de los espacios naturales protegidos o la altura de los mástiles
- Plano del emplazamiento de la estación base expresado en coordenadas UTM.

- Este trabajo pretende, dar pautas y criterios a los técnicos encargados para concretar el despliegue de las infraestructuras de telecomunicación en el término urbano.

### **2.3 Plan de Despliegue.**

Los operadores de telecomunicación desarrollan su red a través de la implantación de nuevas estaciones base así como modificación y/o ampliación de las existentes para asegurar una calidad de servicio a sus clientes.

Cada creación o modificación de estaciones base supone unas inversiones y gastos inmediatos para el operador, quien no instalaría nuevas estaciones base si considerasen que esas inversiones en nuevas instalaciones no fueran necesarias.

Los motivos que originan dichas instalaciones, pueden ser:

- Extender y/o desplegar las redes GSM a UMTS en zonas con carencias de cobertura
- Reforzar y mejorar la red en zonas con cobertura (mejor calidad del servicio)
- Ampliar la capacidad de la red.

Por otro lado, este despliegue, considerado imprescindible para la prestación del servicio y al que obligaban las entonces licencias y actuales autorizaciones

generales concedidas por el Gobierno a los operadores y que asegura el sistema de competencia, ha suscitado una alarma social injustificada, motivada por el temor a los efectos de las emisiones electromagnéticas así como una preocupación por el impacto medioambiental que pueden provocar.

Esta preocupación no ha pasado desapercibida para las Administraciones Públicas, sobre todo para los Municipios quienes, para dar respuesta a la demanda ciudadana, tanto desde el punto de vista de necesidad de servicio como de un desarrollo de red ordenado y seguro, exigen en muchos casos a los operadores la presentación de unos planes de despliegue que permitan garantizar el equilibrio entre los intereses en juego, esto es, el equilibrio entre los intereses ciudadanos por cuya protección han de velar los intereses concretos de los operadores.

Algunas ordenanzas municipales, además de considerar preceptiva y previa, la aprobación de dichos planos a la concesión de las licencias individuales, consideran que las previsiones contenidas en dichos planes constituyen en sí mismas lugares definitivos e inalterables. Esta consideración desconoce que la red es en sí misma dinámica y que los lugares previstos en el Plan responden al diseño ideal de la red y no tiene en cuenta las posibilidades reales de instalación.

Debido al dinamismo de los servicios de telecomunicación, se necesita una adaptación continua para satisfacer la demanda de necesidades de los consumidores, públicos, privados y empresariales.

Un Plan de Despliegue es un documento que recoge una previsión necesidades de instalaciones y zonas ideales de búsqueda para la ubicación de futuras estaciones base. Como tal previsión, es necesario interpretarlo con flexibilidad, de hecho en el momento de elaborar los planes es imposible conocer el lugar exacto donde se ubicará la infraestructura por estar condicionada a la autorización del propietario del inmueble.

Por todo ello:

- No deberán considerarse los planes de despliegue como “licencias globales”, la red se dimensionara en función de las necesidades del servicio y la evolución de la demanda.
- La presentación no será requisito previo a la aprobación de licencias.
- Los planes de despliegue son presentados por cada operador, no por el conjunto del sector.
- Los Planes deben ser suscritos por técnico competente en redes de radiocomunicación.
- Deberá establecerse un departamento único por el Gobierno a la que los operadores pudiesen acudir para cualquier tipo de trámite, consulta o información relativa al despliegue de estaciones base, siendo éste departamento donde el operador remitiría la documentación relativa al Plan de



Despliegue, así como la responsable de establecer los mecanismos oportunos para su distribución entre las Administraciones afectadas.

## **2.4 Integración en el Entorno**

El desarrollo de la telefonía móvil y la sociedad de la información han supuesto en los últimos años un rápido despliegue de las infraestructuras de radiocomunicación, en ocasiones, con ausencia de criterios medioambientales, entendiéndose por tales su integración en el entorno que las rodea.

Estas infraestructuras se han ido extendiendo por todo el territorio nacional, tanto en zonas rurales como urbanas, resultando muchas de ellas poco estéticas visualmente.

Mediante el presente documento, éste se encuentra direccionado para, los operadores de telefonía móvil que adquieren los siguientes compromisos medioambientales:

- Integrar las nuevas instalaciones de telefonía móvil en el entorno en el que se ubiquen.
- Se elaborarán otros planes de actuación específicos, de acuerdo entre los operadores de telefonía móvil y los servicios técnicos correspondientes, para proteger las zonas de alto valor paisajístico o de especial interés.
- La integración de futuras instalaciones estará condicionada, en todo caso, por la calidad del servicio, por la tecnología y soluciones del mercado disponibles en el momento, y por la zona (clase de suelo) en la que se encuentre ubicada

la infraestructura.

- Para esto último, se ha realizado una clasificación de zonas, en las diferentes clases de suelo, susceptibles de albergar infraestructuras de radiocomunicación, previo estudio y análisis de las mismas. El objetivo consiste en establecer una guía que sirva como referencia para la reducción del impacto visual provocado por este tipo de instalaciones en cada una de las zonas tipificadas, atendiendo a una serie de criterios de ubicación, instalación y adecuación- integración.
- Criterios de Ubicación: Se entiende por criterios de ubicación, aquellos relacionados con la localización de la infraestructura de telefonía móvil.
- Criterios de Instalación: se entiende por criterios de instalación, los relacionados con la colocación y características técnicas de los elementos integrantes de la infraestructura de telefonía móvil.
- Criterios de Adecuación-Integración: se entiende por criterios de adecuación (aplicables en infraestructuras existentes), integración (aplicables en instalaciones futuras) aquellos a tener en cuenta para la reducción- minimización del Impacto Visual provocado por las infraestructuras de telefonía móvil.

## **2.5 Principios y políticas de integración de las infraestructuras de las radiocomunicaciones.**

Una instalación de telefonía móvil está integrada por diferentes elementos, sobre los cuales se pueden aplicar políticas para la reducción del impacto visual provocado por cada uno de ellos. La adecuación de la totalidad de los elementos que integran la infraestructura de telefonía móvil, hará posible una integración total del conjunto estructural en el medio en que se encuentre, ya sea rural, ya sea urbano.

### **2.5.1 Elementos de Funcionalidad Técnica e Infraestructura.**

Para poder prestar el servicio con calidad adecuada, y así satisfacer las necesidades de los usuarios, los operadores deben desplegar una red de estaciones base en todo el territorio nacional.

Podemos distinguir dos grupos de elementos necesarios para el correcto funcionamiento de una estación base: elementos con funcionalidad técnica y elementos de infraestructura.

#### *Elementos con funcionalidad técnica:*

- Sistemas radiantes o antenas.
- Cableado que transporta las señales de radiofrecuencia hasta las antenas. Equipos de transmisión y recepción de señales de radiofrecuencia.

- Equipos de proceso y control de señales recibidas y transmitidas. Elementos que enlazan la estación base y los centros de conmutación de la red troncal fija, mediante el correspondiente equipo de transmisión. Estos elementos pueden ser, o bien una línea cableada punto a punto, o bien una antena adicional que acostumbra a ser un reflector parabólico de entre 30 y 120 cm de diámetro.
- El radio de acción de cada estación base es limitado, dependiendo del número de usuarios y de los obstáculos que las ondas encuentren en su camino, variando de 250 m en las ciudades a los 6 Km en campo abierto.

Elementos de infraestructura:

- Caseta de instalaciones y vallado. Su objetivo es proteger el resto de elementos de la intemperie y de las intrusiones no autorizadas.
- Sistemas de seguridad física y alarmas (anti intrusión y antiincendios). Suministro de fluido eléctrico para los equipos que lo requieren (equipo de fuerza, cuadro de distribución y protección eléctrica y baterías).
- Sistemas de climatización. Su objetivo es garantizar el

funcionamiento de todos los elementos dentro de los márgenes de temperatura permitidos.

- Sistemas de soporte para la conducción de cables desde los sistemas radiantes hasta la caseta.
- Línea de tierra que sitúa a potencial 0 la estructura metálica.
- Sistemas de soporte de los elementos radiantes (normalmente, es un mástil en entornos urbanos y una torre en entornos rurales).

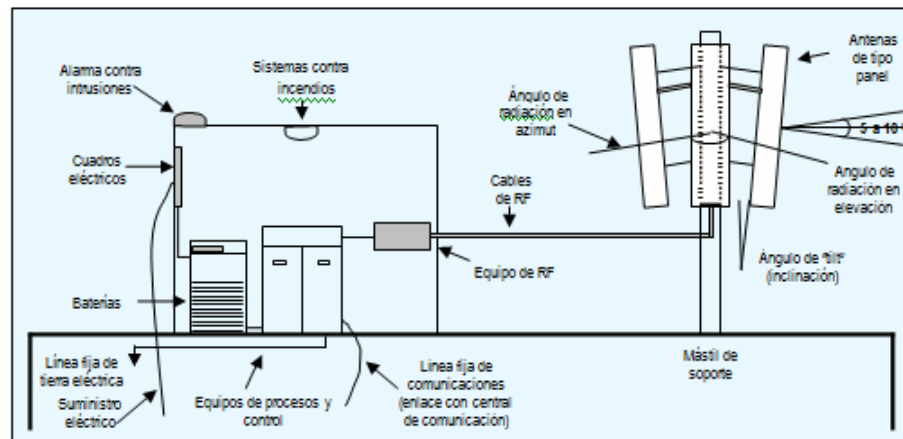


FIGURA 3-1 ELEMENTOS INTERNOS DE UNA ESTACIÓN BASE.

Los usuarios del sistema de telefonía móvil pueden comunicarse siempre que se encuentren en “zona de cobertura” o área geográfica cubierta por una estación base. Las zonas de cobertura se dividen en espacios hexagonales denominados células (de ahí la expresión teléfonos celulares) en cuyo

centro se sitúa una Estación base. Esta configuración permite el uso más eficiente de las frecuencias utilizadas y por tanto la posibilidad de conexión de muchos usuarios al mismo tiempo. El tamaño de la célula dependerá de la densidad del tráfico de llamadas. Si el número de usuarios rebasa la capacidad de una célula es necesario dividirla en células más pequeñas.

Cada usuario se conecta a través de la Estación Base más cercana que a su vez, está comunicada con el resto de células y con los demás sistemas de telefonía (móvil o fija). Este hecho garantiza la comunicación en movimiento, es decir, cuando el usuario está en movimiento y atraviesa distintas células de cobertura.

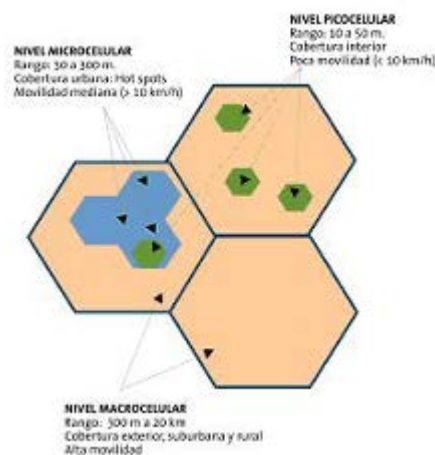


FIGURA 3-2 TIPOS DE CÉLULAS.

Para evitar interferencias entre las distintas antenas y optimizar la potencia necesaria, cuando se establece una comunicación, las antenas emiten siempre

con la mínima potencia necesaria que permite la conexión, transmitiendo más energía en la dirección donde se encuentra el límite en su zona de cobertura.

El crecimiento en el número de usuarios de telefonía móvil, especialmente en zonas donde la densidad de la población es mayor, conlleva un incremento de la densidad del tráfico de llamadas por lo que, como se ha mencionado anteriormente, para contar con un servicio de calidad, es necesario aumentar el número de estaciones base para dar cobertura y capacidad al territorio y, por tanto, el número de antenas.

Cada antena dispone de:

- Sistema receptor: permite la recepción de la señal de móviles o de otras antenas.
- Sistema transmisor: permite llevar la señal a terminales móviles o a otras antenas.

Las Estaciones Base y los terminales transmiten únicamente la potencia necesaria para asegurar la comunicación por varios motivos:

- Motivos económicos: a mayor potencia existe un desgaste mayor de las baterías de los terminales y por tanto una menor duración de su uso.
- Motivos técnicos: si se emite a una gran potencia, es posible

interferir en otra célula distinta a la que cubre la estación base.

Así, las potencias transmitidas entre estación base y terminal, son menores cuanto más próximos se encuentren uno de otro. De esta forma, aunque un teléfono es capaz de emitir unos dos vatios de potencia, en la práctica, en la mayor parte de situaciones, emite una potencia diez veces inferior.

Además, y de acuerdo con la necesidad de aumentar el número de estaciones base para garantizar la disponibilidad de frecuencias en áreas de alta densidad de población, cuantas más estaciones base despliegue el operador, menor será la potencia emitida por las antenas y los terminales.

Por lo tanto, el alejamiento de las estaciones base entre sí y de los núcleos urbanos es contrario al principio de mínima emisión posible.

Los edificios y árboles atenúan las señales, por ello las antenas se instalan en lugares elevados de forma que su haz atraviese el menor número de obstáculos posibles. Elevar las antenas tiene dos ventajas:

- Se disminuyen los niveles de campos electromagnéticos sobre las personas en zonas próximas a las antenas.
- Se mejora el funcionamiento de los sistemas, ya que los obstáculos encontrados son mínimos.



Sin embargo, la altura de las antenas está limitada en muchos casos, por motivos estéticos y urbanísticos.

### **2.5.2 Definición de Elementos Integrantes de Infraestructura.**

- **Edificaciones Normalizadas (casetas):** se entiende por edificación normalizada o caseta el conjunto estructural formado por cerramientos laterales, forjados de piso y cubierta, prefabricado y transportable, destinado a Estación Base.
- **Soportes (Mástiles o Torres):** son estructuras verticales de geometría y contracción variada, auto-estables y normalmente auto-soportadas. Sus dimensiones, formas de apoyo y diseño, así como su arrojamiento (en el caso de que no sean auto-soportadas), se determinan en cada proyecto en concreto en función de sus condiciones particulares.
- **Sistemas Radiantes (Antenas):** una antena es un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre.
- **Vallado-Cerramiento:** Se entiende por vallado y cerramiento

de un lugar donde el cerco que se levanta formado normalmente con malla para delimitar el espacio de un lugar en el que se ubica una estación base.

- **Camino de acceso:** Un camino de acceso es la vía mediante la cual se accede a un emplazamiento de telefonía móvil localizado normalmente en medio rural.

En este trabajo se especifican determinadas políticas de reducción del impacto visual a seguir por los operadores de telefonía móvil, para favorecer la integración de las infraestructuras de telecomunicación en el medio en el que se encuentren.

Además de los criterios medioambientales a tener en cuenta, se incluyen criterios de carácter tecnológico, de ubicación e instalación.

### **2.5.3 Edificaciones Normalizadas.**

#### *Criterios de ubicación*

Como regla general, antes de instalar una caseta o edificación normalizada se buscarán otros espacios con capacidad de albergar equipos de radio y servir a la prestación del servicio, con el fin de evitar la colocación de casetas, especialmente en suelo urbano.

En caso de que no exista ningún espacio que pueda albergar los equipos será necesaria la instalación de una edificación normalizada.

### *Criterios de instalación*

Con carácter general, se instalarán edificaciones normalizadas o casetas de dimensiones lo más reducidas posibles dentro de los estándares habituales, siempre y cuando tengan capacidad para albergar en su interior la totalidad de los equipos de telecomunicación, necesarios para el correcto funcionamiento de la estación base.

Los operadores deberán prever una posible compartición de la ubicación. En estos casos, se permitirá que la caseta tenga dimensiones algo mayores, con el fin de evitar la colocación de una nueva caseta además de la existente.

Otro criterio de instalación aplicable en casetas sobre azoteas en suelo urbano es su colocación en lugares lo menos visibles para el observador situado a pie de calle. Como regla general, y siempre y cuando sea técnicamente viable, la caseta se ubicará lo más cerca posible de los casetones existentes en el edificio (escaleras de acceso a la azotea / ascensores).

### Criterios de adecuación- integración

Como norma general, en todos los casos salvo en zonas industriales, las casetas tendrán que tener siempre un acabado exterior en pintura similar al entorno en el que se encuentren, de forma que la edificación normalizada esté lo máximo posible integrada en el entorno.

En esta técnica, se empleará bien un único color que recubra la totalidad de la caseta, bien combinaciones de colores en función de las características del entorno en el que se ubique. Siempre se deberá utilizar una paleta de colores que simulen los elementos paisajísticos y arquitectónicos del entorno.

El acabado en pintura incluirá, además de la caseta, el recubrimiento de la puerta y escalerillas de acceso, para que el resultado de la actuación sea lo más completo y homogéneo posible. Se hará especial hincapié en casetas ubicadas sobre suelo en suelo no urbanizable, espacios naturales y espacios naturales protegidos.

Como ejemplo para espacios naturales y espacios naturales protegidos, se podrán emplear los siguientes colores o combinaciones: verdes, marrones, ocre, rojizos, verde-marrón, verde-ocre, entre otros.

Cuando las casetas estén ubicadas sobre azoteas en suelo urbano, especialmente en zonas residenciales, conjuntos histórico-artísticos y zonas verdes o de uso recreativo, la caseta se integrará lo máximo posible en los edificios sobre los que se ubique, simulando fachadas u otros elementos de la estructura del edificio.

En caso de que la caseta se instale en zona industrial, no será necesario, en principio, realizar ninguna adecuación, salvo que sea un polígono de características singulares en cuyo caso se tomaran como medida de adecuación su acabado en pintura.

Otra buena medida de reducción del impacto visual provocado por las casetas, y en caso de no realizar su acabado de pintura, es un recubrimiento de diferentes materiales.



FIGURA 3-3 CASETA.

## 2.5.4 Sistemas Radiantes y sus soportes (Mástiles).

- **Sistema Radiante**

*Criterios de instalación*

Con carácter general, no se instalarán triángulos como soportes de antenas por sus grandes dimensiones, excepto en mástiles compartidos; esto último, siempre y cuando sea necesario técnicamente y no exista otra alternativa.

Se intentará siempre y cuando sea técnicamente viable, instalar las antenas adosadas a las fachadas de los edificios o estructuras existentes, procurando que la separación sea la menor posible y que el ángulo de inclinación sea lo más cercano posible a 0°.

Se procurará instalar antenas que integren varios sistemas a la vez (GSM / UMTS) o antenas duales y tri-bandas, siempre y cuando técnicamente sea posible debido a necesidades distintas de orientaciones o inclinaciones (*down tilt*) de los sistemas radiantes por tecnología. Su colocación será lo más cercana posible del mástil eliminando elementos de unión entre mástil y antenas de grandes dimensiones.

Los soportes de sujeción de antenas a fachadas de edificios deberán ser de pequeñas dimensiones, intentando en la medida de lo posible evitar la utilización de *tilt* mecánico.



FIGURA 3-4 SISTEMA RADIANTE

*Criterios de adecuación- integración*

Para los sistemas radiantes se establecen las siguientes actuaciones de buenas prácticas:

- Acabado en pintura simulando color y/o estructuras el entorno en el que se encuentren.



FIGURA 3-5 SISTEMA RADIANTE

- Antenas ubicadas en mástiles



FIGURA 3-6 ANTENA EN MÁSTIL

- **Apoyos sobre suelo**

Crterios de ubicación



Como regla general y en cualquier tipo de suelo, antes de la instalación de una nueva torre, se estudiarán otras alternativas para la colocación de antenas en infraestructuras ya existentes (silos, depósitos de agua, postes de centros comerciales y otras construcciones de elevada altura) siempre y cuando su altura sea lo suficiente como para permitir el correcto funcionamiento de las antenas, sin que se vea afectada la calidad del servicio, exista conformidad por parte del arrendador, y la citada estructura ofrezca la misma resistencia estructural.

Esta política será de aplicación en cualquiera de las zonas identificadas para la instalación de infraestructuras de telefonía móvil (suelo urbano, no urbanizable y urbanizable).

La utilización de estas infraestructuras estará siempre supeditada a las necesidades técnicas de funcionamiento del servicio de la telefonía móvil.



FIGURA 3-7 CONSTRUCCIÓN DE ELEVADA ALTURA

*Criterios de instalación*

En caso de que no exista ninguna estructura útil para la instalación de antenas, se colocarán mástiles sobre suelo.

➤ **Alturas permitidas para apoyos sobre suelo**

La altura máxima del apoyo sobre suelo, en suelo no urbanizable (espacio natural y espacio natural protegido) será de 30 metros, a excepción de emplazamientos compartidos o por razones técnicas, en los que se podrá ampliar a 40 metros de altura.

Los apoyos sobre suelo urbano no excederán de 25 metros de altura, a excepción de emplazamientos compartidos o por razones técnicas, en los que se podrá ampliar a 30 metros.

Se respetarán en todo caso estas alturas, siempre y cuando las limitaciones impuestas por aviación civil no sean más restrictivas. En estos casos, los soportes serán a rayas (rojo y blanco), tal y como se establece en la legislación vigente.

El cableado de la instalación se tirará por dentro del mástil, siempre y cuando sea técnicamente viable. En caso de inviabilidad técnica, el cableado irá lo más cerca posible de la torre.

*Criterios de adecuación/ integración.*

Como medida de adecuación / integración paisajística de mástiles sobre suelo urbano y no urbanizable, se realizará su acabado en pintura,

empleando colores que integren lo máximo posible el mástil en el entorno en el que ese ubique.

En los casos en los que el cableado se tire por el exterior de la torre, se deberá realizar también su acabado en pintura, siempre del mismo color.

En suelo no urbanizable, el acabado en pintura podrá ser verde / marrón para mástiles situados en zonas de valle o ladera, y gris galvanizado / azul claro cuando la instalación se ubique en zonas altas (cimas, cumbres, líneas divisorias de aguas...), tal y como se ilustra en esta figura.

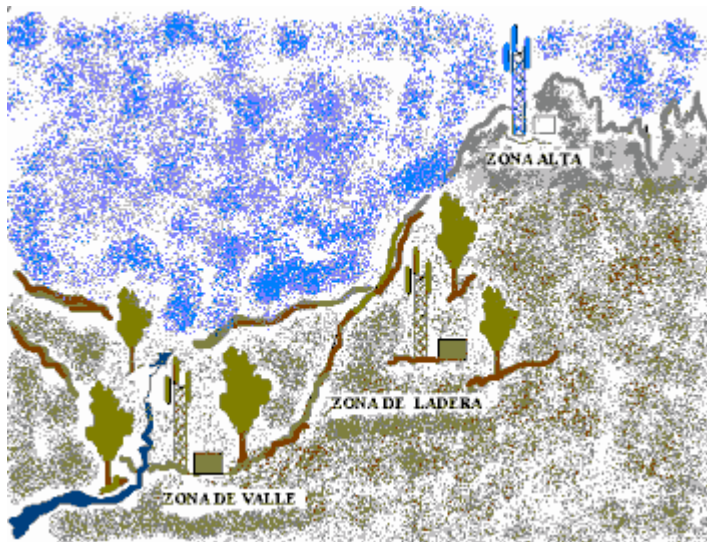


FIGURA 3-8 INSTALACIÓN EN ZONAS ALTAS

En zona industrial en suelo urbano, se permitirá que el mástil o soporte tenga terminación de fabrica (gris galvanizado).

➤ **Mástiles sobre azoteas**

*Criterios de ubicación*

Los mástiles sobre azoteas (soportes de antenas) son posiblemente los elementos que generan el mayor impacto visual de toda la infraestructura de telefonía móvil en el medio urbano, lo que implica que se debe incidir especialmente sobre este elemento en las actuaciones de reducción y adecuación del impacto visual.

La premisa inicial antes de instalar un nuevo mástil sobre azotea, es la búsqueda de otras posibles alternativas de ubicación de las antenas.

En caso de no existir ninguna ubicación alternativa para la colocación de antenas, se instalarán mástiles, atendiendo a los siguientes criterios de instalación.

*Criterios de instalación*

Se instalarán soportes individuales, siempre y cuando sea técnicamente viable, y las antenas se colocarán lo más cerca posible de los soportes.

➤ **Altura permitida para mástiles sobre azotea**

La altura de los soportes será la mínima razonable que permita salvar los obstáculos del entorno inmediato para la adecuada propagación de la señal radioeléctrica.

El retranqueo será aquel que resulte técnicamente viable para cada una de las azoteas (a especificar por técnicos), y siempre teniendo en cuenta que su ubicación sea lo menos visible para el observador desde la vía pública.

#### Criterios de adecuación / integración

El elevado número de instalaciones y su diversidad, obliga a diferenciar entre dos líneas de actuación aplicadas y dirigidas a:

#### Nueva instalación de mástiles sobre azotea

Se procurará recubrir las nuevas instalaciones imitando en la medida de lo posible estructuras arquitectónicas (ej.: chimeneas, depósitos de agua,...) que se encuentren alrededor de la nueva instalación, con el fin de favorecer su integración.

En zona industrial en suelo urbano, se permitirá que el mástil o soporte sobre azotea tenga terminación de fábrica (galvanizado).

#### ➤ **Mástiles instalados sobre azoteas**

Al igual que en el caso de las nuevas instalaciones de mástiles, la solución a aplicar para integrar los mástiles existentes en el entorno, es su recubrimiento mediante su acabado en pintura.



FIGURA 3-9 MÁSTILES EN AZOTEA

- **Vallados- cerramientos**

Sin perjuicio de otros requerimientos que sean exigibles por la calificación especial de los suelos en los que se sitúen, la política a seguir para minimizar el impacto visual de vallados y cerramientos deberá ser su acabado en pintura. Éste, deberá estar acorde con el entorno en el que se ubique la instalación de telefonía móvil.



FIGURA 3-10 FIGURA CERRAMIENTO

- **Camino de acceso**

Es esencial realizar un camino de acceso de forma respetuosa con el medio en el que se va a realizar la obra, especialmente en espacios naturales protegidos, intentando en la medida de lo posible conservar la flora y la fauna autóctonas.

Como política a seguir en obras que impliquen la creación de un nuevo camino de acceso, será la de realizar el camino de acceso con la mayor cautela posible, empleando medios adecuados y lo más respetuosos posibles con el medio ambiente, evitando la utilización de maquinaria pesada y promoviendo la utilización de otros medios menos agresivos.

La adopción de esta medida, dará un resultado beneficioso doble; por una parte, se evitará la agresión al medio y, por otra, implicará que el camino



esté lo más integrado posible en el entorno, camuflando la vía de acceso a la instalación de telefonía móvil.

# **CAPITULO 3**

## **3. PLANIFICACION Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED UMTS EN UN AREA URBANA**

### **3.1 Introducción**

Una estación base está formada por distintos componentes (un gabinete protector, cableado estructurado interior del equipamiento, una torre o mástil que facilita la altura necesaria para dar mejor cobertura, y los transmisores y las antenas colocados sobre la torre). En algunos casos, se colocan en lo alto de los edificios, en cuyo caso el edificio mismo es el que proporciona la altura adecuada. Las antenas suelen medir 15-30 cm de ancho y hasta algunos metros de alto, según la frecuencia de operación. En el capítulo anterior se proporcionó los datos necesarios para poder implementar una estación base celular según las normas y exigencias de la entidad municipal y otros entes reguladores, vale aclarar que todas las regulaciones mencionadas hasta ahora solo abarcan lo que compete a infraestructura e impactos del este en el medio que los

rodea, en este capítulo estudiaremos y analizaremos lo que compete a la parte interna de una estación base, donde con la ayuda de un muestreo y la correspondiente planificación detallaremos la manera correcta para la adecuación de los equipos UMTS puntualizando criterios de cableado estructurado.

## **Generalidades**

En un principio las tecnologías de comunicación móvil ofrecieron servicios y aplicaciones de diferentes tipos, la desventaja de estas tecnologías era la incompatibilidad entre estos diversos sistemas en un contexto global, es decir, no podía acceder a los diferentes servicios al pasar de uno hacia otro país o región.

La idea de la implementación de una tecnología de tercera generación como UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), sistema universal de telecomunicaciones móviles, pretende garantizar estándares generales que permitan una comunicación móvil global como son la compatibilidad con la mayoría de estándares de 2.5G (GSM, 2.5G), altas tasas de transmisión para comunicación móvil, implementación de aplicaciones multimedia entre otros aspectos.

### **3.1.1 Espectro de frecuencia para 3ra generación**

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

Los sistemas celulares en Ecuador trabajan en la banda de 800 MHz utilizando un ancho de banda por canal de 30 KHz, en un inicio el espectro asignado para el sistema celular poseía alrededor de 666 canales disponibles (banda A y B), debido al requerimiento de un mayor número de canales, se expandió el espectro asignado (Bandas A' y B'). Muchas administraciones en el mundo han considerado dar en concesión el servicio a dos sistemas por zona, con la mitad de canales a cada uno (Tabla 1)

<b>Banda</b>	<b>Móvil</b>	<b>Base</b>	<b>Canales Dúplex</b>
A	824-835	869-880	416
	845-846,5	890-891,5	
B	835-845	880-890	416
	846.5-849	891,5-894	

TABLA I: ESPECTRO DE FRECUENCIAS PARA LA ANDA DE 800 MHZ

El Estado Ecuatoriano a través de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones otorga a favor de la Compañía de Telecomunicaciones Móviles del Ecuador TELECSA S. A. la explotación de la banda C-C' (1895-1910 MHz y 1975-1990 MHz).

Que el artículo 8 del Reglamento para la Prestación de Servicio Móvil Avanzado, establece que el espectro radioeléctrico de frecuencias esenciales para el SMA, de acuerdo con las recomendaciones del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y el "Plan Nacional de Frecuencias y de uso del espectro radioeléctrico",

es subdividido en las siguientes bandas: 824 - 849 MHz, 869 - 894 MHz, 1.710 – 2.025 MHz y 2110 - 2200 MHz.

<b>Operadora</b>	<b>Banda</b>	<b>Ancho de Banda</b>
OTECEL	Sub-banda D-D'	10 MHz
CONCECEL	Sub-banda E-E'	10 MHz
TELECSA	Sub-banda F-F'	10 MHz

TABLA II: ASIGNACIÓN DE SUB-BANDAS DE FRECUENCIAS EN 1900 MHZ

### **3.2 Planificación Red UMTS (Radio Acceso).**

La metodología de planificación UMTS se resume en la Figura 4.1, donde hace un énfasis mucho más riguroso en los aspectos de cobertura, capacidad e interferencia, donde su tratamiento está relacionado y es interdependiente.

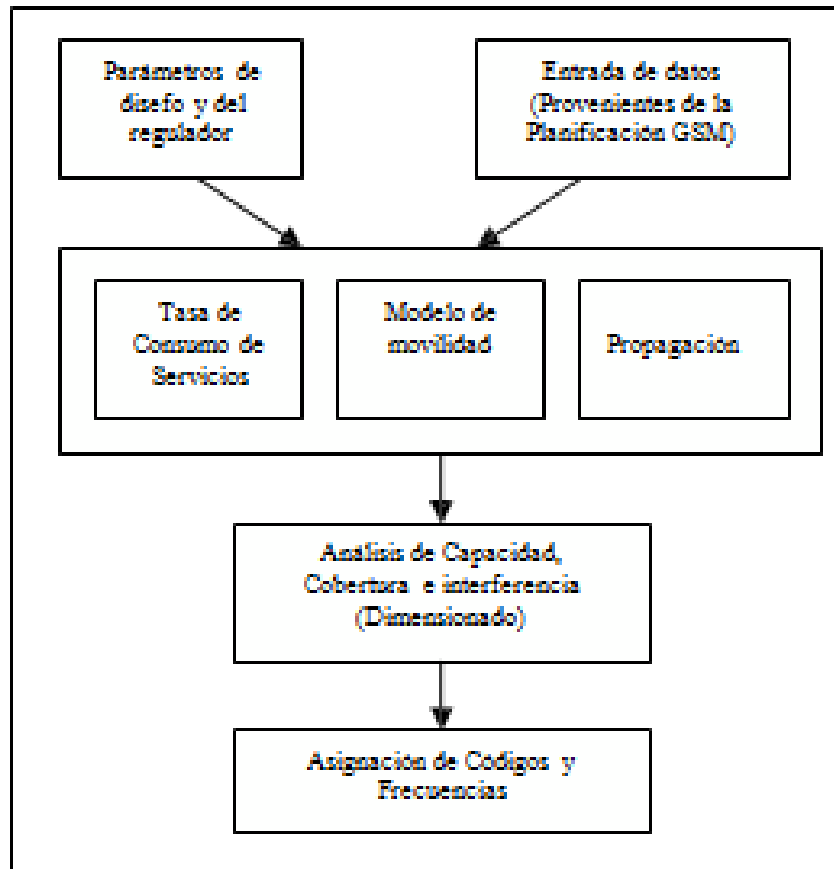


Figura 4-1 PROCESO DE PLANIFICACIÓN

### 3.3 Movilidad y Cobertura

UMTS ha sido concebido como un sistema global, que incluye tanto componentes terrestres como satelitales globales. Terminales multimodales capaces de funcionar también por sistemas de Segunda Generación (2G), tales como las bandas de frecuencias GSM 900, 1800 y 1900 las mismas que extenderán aún más el alcance de muchos servicios UMTS. Con estas terminales, un abonado tendrá la posibilidad de usar roaming desde una red privada hacia una red pública picocelular/microcelular, luego a una red macrocelular de un área amplia (por

ejemplo, una red de 2G), y luego a una red satelital, con una interrupción ínfima en la comunicación.

<b><i>Cobertura</i></b>	<b><i>Movilidad</i></b>	<b><i>Mínima velocidad requerida de datos</i></b>
Indoor/Low range Outdoor	Máximo de 10 Km/h	2 Mbps
Urban/Suburban Outdoor	Arriba de 100 Km/h	384 Kbps
Rural Outdoor	Arriba de 500 Km/h	144 Kbps

TABLA III: VELOCIDAD DE DATOS DE ACUERDO A COBERTURA Y MOVILIDAD

### **3.4 Fases en el desarrollo de UMTS**

El despliegue comercial total se alcanzará a través de los siguientes pasos fundamentales:

- Extensión de la capacidad GSM mediante operaciones de transmisión de datos de alta velocidad y en paquetes.
- Fase de Prueba Preliminar de UMTS ya sea en subconjuntos de redes GSM reales o en redes basadas en paquetes de datos aislados.
- Fase de despliegue básico incluyendo la incorporación de estaciones de base UTRA (Acceso Universal Radioeléctrico Terrestre) a redes activas, y el lanzamiento de servicios UMTS basados en satélites.

- Fase comercial completa con mejoras en cuanto a desempeño y capacidad, y la introducción de servicios UMTS nuevos y sofisticados.

### 3.5 Dimensionamiento de la Red UMTS

La planeación y dimensionamiento de redes de tercera generación dependen en su mayoría de los tipos de tráfico ofrecido y sus mezclas. Además de la aplicación de voz, la mayor parte de las aplicaciones 3G requieren portadoras de alta tasa de transferencia de datos con flujo simétrico y asimétrico.

El grado de servicio requerido para todos estos servicios se toma en consideración en la fase de planeación de cobertura y capacidad.

#### 3.5.1 Modelo de Tráfico

En redes móviles de tercera generación, una mezcla de diferentes tipos de tráfico y perfiles de usuarios deben ser tomadas en cuenta. Debido a la cercana relación entre el tráfico ofrecido, su tipo, y la cobertura provista mediante el análisis de la interferencia, es necesario un conocimiento exacto del tráfico esperado para cualquier planeación deseada. La figura 4.2 muestra los datos de entrada necesarios para el modelo de tráfico:





## FIGURA 4-2 DATOS DE ENTRADA PARA DETERMINACIÓN DEL MÓDELO DE TRÁFICO

Existen dos clases de tráfico principales. Las características del flujo de tráfico pueden ser definidas por la aplicación y pueden ser divididas básicamente en flujo de datos de conmutación de circuitos (CS) como voz, video conferencia, etc. Y flujo de datos de conmutación de paquetes (PS) como WWW, navegación en Internet, etc.

### 3.5.2 Requerimiento de Cobertura

La figura 4.3 muestra los parámetros necesarios para la evaluación de los rangos de celdas.

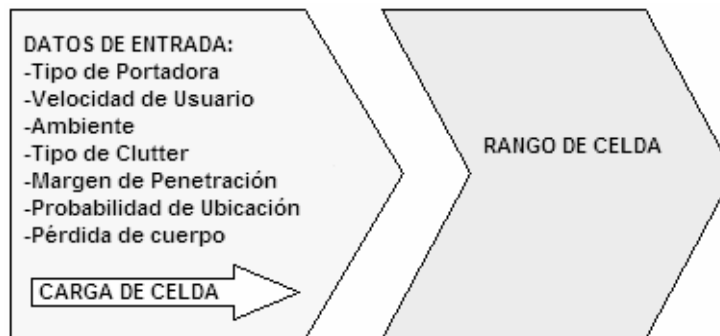


FIGURA 4-3 PARÁMETROS CONSIDERABLES EN DETERMINAR LA COBERTURA

Debido a la cercana interconexión de la interferencia, velocidad de datos y cobertura de celdas, las coberturas requeridas para las diferentes tasas de información son necesarias para la evaluación del rango de celdas.

La provisión de determinada cobertura para cierta tasa de información será medida en términos de probabilidad de localización en el límite de una celda o dentro del área de la celda. El valor del margen de sombra derivado depende también de la desviación estándar asumida por el tipo de *Clutter* considerado, el tipo de Clutter no es más que la característica de densidad de edificaciones en determinada área. La velocidad del usuario y el ambiente (perfil del canal) determina el valor  $E_b/N_0$  requerido para la portadora considerada.

Las pérdidas por cuerpo y las pérdidas de penetración son tomadas en cuenta para el margen que va a ser considerado debido a la ubicación del suscriptor (outdoor o indoor) y el tipo de UE (equipo de usuario) y su aplicación. El tipo de Clutter determina la selección de un apropiado modelo de propagación.

El rango de celda está fuertemente relacionado a la carga de la celda por medio de un margen de interferencia, el cual tiene que ser determinado de acuerdo a la carga de celda asumida. Por lo tanto la estimación de cobertura de celda se encuentra relacionada con la estimación de la capacidad por medio de la carga de la celda y la interferencia en la red.

### **3.5.3 Cobertura de celda**

La cobertura de celdas se puede estimar con la configuración de antenas, potencia de salida de los Node B, potencia de salida de los UE, la  $E_b/N_0$  requerida, situación de interferencia, etc.

La cobertura de celda es calculada con un modelo de propagación apropiado de la máxima pérdida de camino permitida. La pérdida de camino consiste de dos partes: la pérdida de camino de sistema y la pérdida de camino debida a los requerimientos de cobertura.

La pérdida de camino de sistema es básicamente la diferencia entre el mínimo nivel de recepción en el UE en el correspondiente receptor del Node B y la potencia de transmisión efectiva (EIRP) en los correspondientes nodos. El EIRP comprende la ganancia de antena, las pérdidas de los combinadores y alimentadores de las antenas. El mínimo nivel de recepción toma en cuenta el ruido térmico, el ancho de banda de la portadora, la tasa datos de la portadora, la figura de ruido de los receptores, los valores de  $E_b/N_0$  (deducido de las simulaciones de nivel de enlace), situaciones de interferencia (carga de la celda), ganancias de diversidad y márgenes de corrección (causados por el ambiente considerado). La carga de la celda provoca un margen de ruido adicional en el sistema.

El modelo de propagación depende del tipo de *Clutter* y el tipo de celda escogida para ser planeada. Comúnmente se asumen tres tipos de celda: macro celdas, micro celdas y pico celdas. La macro celda se caracteriza por tener una

altura de antena mayor de 3 metros sobre la altura promedio de las edificaciones en los alrededores. La micro celda se usa mucho en lugares con donde la edificaciones altas hacen difícil la penetración de la señal y la altura de la antena está entre 3 y 6 metros, por consiguiente se encuentran significativamente por debajo de la altura de techo mayor. La pico celda es utilizada dentro de algún edificio precisamente para dar la cobertura llamada de INDOOR (interior de una edificación).

#### **3.5.4 Capacidad de celda**

La capacidad de una celda se basa en el modelo de tráfico y su distribución, el rango de celda y la eficiencia de espectro.

Un modelo de tráfico confiable y la distribución de tráfico en el área de servicio es el requisito más importante para el cálculo del tráfico ofrecido para el área correspondiente.

El rango de celda es limitado por el ruido de la red y la interferencia. La interferencia se considera mediante el llamado margen de interferencia dependiendo de la carga de la celda. La carga actual de la celda es la relación entre todo el tráfico cursado en la celda y la capacidad máxima.

El tráfico total de celda se calcula de la cobertura de celda y la distribución de tráfico. La capacidad máxima se puede estimar con una fórmula analítica o desde los resultados de nivel de las simulaciones del sistema.

Para una distribución de tráfico dada ( $\text{Kbps}/\text{Km}^2$ ), se puede calcular el tráfico ofrecido por el sistema y la celda. En la mayoría de los casos, la cobertura de la celda se estima para una determinada carga de celda de alrededor de 50 y 60 %. Con esos dos valores la carga actual de celda puede ser calculada.

Si los dos valores, carga predefinida de celda y carga de celda actual calculada, difieren significativamente, se debe considerar un balanceo de carga versus cobertura de celda. Este método puede ser aplicado para áreas de baja densidad de tráfico donde el tráfico predicho (debido a los estudio de marketing) no alcanza el 50% del valor que dicha celda debería alcanzar dentro de un tiempo prudencial de funcionamiento de la red.

Si la carga actual de la celda es mayor que la carga de celda máxima permitida especificada, se debe aumentar portadoras de radio. Si no existen portadoras de radio disponibles, se debe considerar la división de la celda o la introducción de nuevas capas de cobertura como micro celdas o pico celdas.

### **3.5.5 Aspectos de hardware NODE B**

Los aspectos de hardware de los NodeB comprende la posible configuración de hardware en términos de disponibilidad de tarjetas de canal y los elementos de canal para señalización y tráfico de los usuarios. La evaluación de las tarjetas de canal requeridas se basa en el número de usuarios simultáneos y

los tipos de portadoras usadas tomando en cuenta el GoS (grado de servicio) y QoS (calidad de servicio) requerido.

Adicionalmente, el conocimiento de los usuarios simultáneos y las portadoras usadas permitirán además, el cálculo de la potencia de salida del NodeB por canal de tráfico. La potencia máxima de salida provista por el NodeB podría también limitar el rango de celda para ciertos modelos de tráfico y situaciones de interferencia.

Tomando en consideración los puntos anteriores ya descritos podemos decir que la cobertura es evaluada en función de un balance de potencia, se hace uso de parámetros de propagación del sistema y de fórmulas semi-empíricas para la predicción radioeléctrica. Es importante diferenciar los efectos de la propagación y potencia en cada uno de los enlaces: Ascendente ó UpLink (Usuario → Red), y Descendente ó DownLink (Red → Usuario). Típicamente la cobertura está limitada en el enlace ascendente dada la baja potencia que manejan los terminales.

Una ventaja para el operador al utilizar WCDMA es la posibilidad de la reutilización de frecuencia a un grado  $N = 1$ , lo que significa utilizar la misma frecuencia de portadora para toda la red, ya que la separación de cada uno de los usuarios se logra basándose en la asignación de un código ortogonal por parte de la red, la asignación de estos códigos obedece a ciertas reglas y

condicionamientos que limitan su disponibilidad, para esto se hace uso de un segundo grupo de código llamados de pseudo-aleatorización.

Una vez dimensionada la red de acceso, se calcula la carga por lugar, en función del tráfico de sus celdas, siguiendo este criterio se dimensiona la carga de las controladoras según el monto del tráfico que sumen las estaciones atendidas, para finalmente dimensionar el tráfico total que deberá atenderse en el centro de conmutación, tanto para el servicio de voz como el de paquetes.

La red será desplegada en 4 fases o etapas de despliegue a través de los 4 años de planificación programada, dentro de los cuales como se describe en la Tabla 4 se desplegarán las tres tecnologías ya descritas, además en Tabla se muestra el crecimiento de la infraestructura de acceso y de los usuarios potenciales previstos.

Año		Tecnología	Radio celular (Km)				Celda	Sitios
			1	0,5	0,25	0,13		
2008	1	GSM/GPRS	x	x			89	34
2010	2	GSM/GPRS/UMTS	x	x	X		113	46
2012	3	UMTS/HSDPA/HS UPA	x	x	X	x	149	63
2014	4		x	x	X	x	177	81

TABLA IV: EVOLUCIÓN DE MALLA CELULAR

### 3.6 Planificación de una Red 3G (UMTS) a partir de una estudio de muestreo del

## **tráfico de voz y datos realizados en la ciudad de Guayaquil.**

### **3.6.1 Introducción**

Esta es la parte más interesante del trabajo, el cual con la ayuda de lo mencionado en los capítulos anteriores se realizará un estudio para el despliegue de una red UMTS en cuanto a capacidad un área densamente poblada. Para fines del trabajo, el caso práctico será el de la ciudad de Guayaquil.

Realizar un despliegue de 3G no es algo fácil, depende de muchos departamentos de una organización, la cooperación y la comunicación entre todas las personas involucradas, incluyendo al mismo operador y otros proveedores, así como de las autoridades competentes ya sea el municipio de la ciudad de Guayaquil. Como analogía, es como formar un rompecabezas, se tienen ciertas piezas, otros proveedores tienen otras y el cliente también tiene otras, al final todo dependerá de cuan organizadas y completas tengas tus piezas para que puedan encajar y formar el rompecabezas, aunque es cierto, algunas veces se tendrá que limar y dar otra forma a las piezas para que encajen.

### **Premisas de ingeniería del proyecto 3G**

La descripción de este caso práctico está basado en un proyecto real para una operadora de telefonía Móvil, el número de Nodos B requeridos por esta compañía para la ciudad de Guayaquil es de 141 y una RNC para controlarlos a todos conectados a su red, realizaremos una planificación en cuanto a capacidad de los equipos concentradores (RNC)



Para la realización de esta proyección fue necesario realizar un muestreo de tráfico tanto de datos como de voz durante un periodo de 8 meses (septiembre del 2009 – abril del 2010), estos datos fueron proporcionados por Telefónica Movistar, una vez que se obtuvieron los datos se realizaron proyecciones en base al crecimiento de la red, tanto de usuarios como de estaciones bases, pero antes se mostrara un grafico el cual define de manera sencilla la arquitectura de una red UMTS se que se utilizara en la ciudad de Guayaquil.

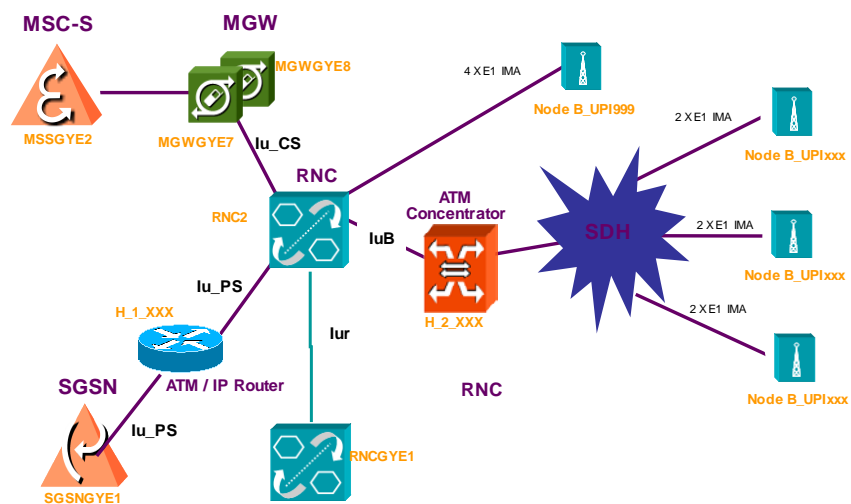


FIGURA 4-4 ESQUEMA DE LA IMPLEMENTACIÓN PARA EL DESPLIEGUE 3G

El RNC utilizado para esta implementación es de Marca HAWEI, necesitaríamos 3 módulos RNC para llevar a cabo la cobertura de toda la ciudad de Guayaquil en la

que por cada Nodo B distribuiría 2E1, algo que por ahora soportaría todo el tráfico.

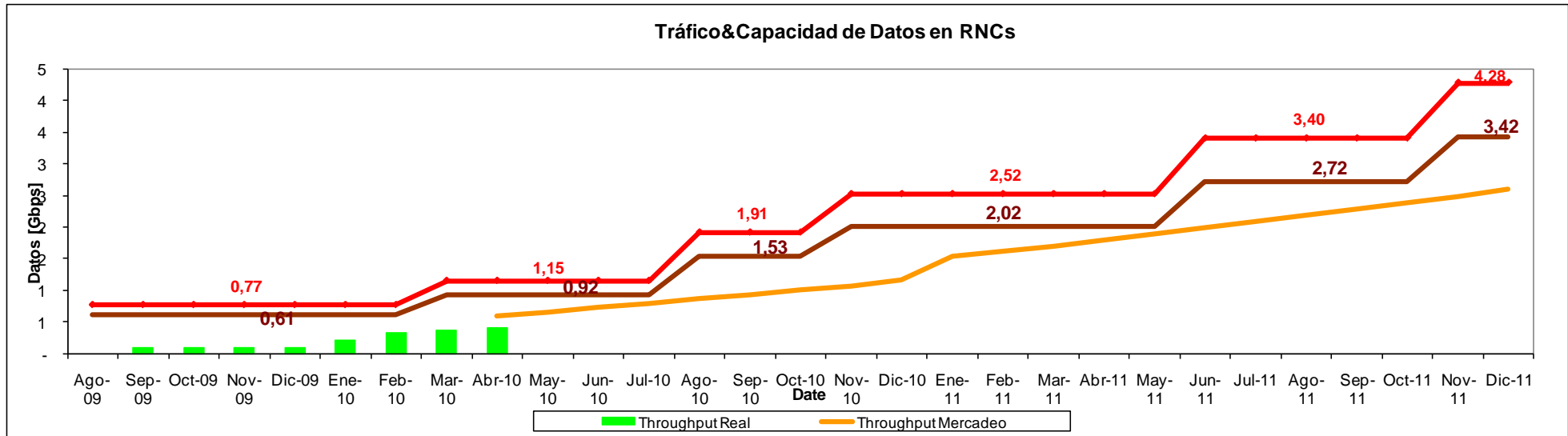
### 3.6.2 Proyección

		Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09	
<b>DATOS</b>	Tráfico Esperado	Throughput requerido (Mbps)					
	Tráfico real	Throughput (Mbps)					
	Tráfico real proyección	Throughput (Mbps)					
<b>VOZ</b>	Mercadeo	ERLANGS					
	Tráfico real	ERLANGS					
	Tráfico real proyección	ERLANGS					
	Límite Ingeniería	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
	Datos	900	900	900	900	900	
	Voz	16000	16000	16000	16000	16000	
	Mix Share Data&Speech	Data [%]	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%
		Speech [%]	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%
	Capacidad Datos Equipo	GBPS					
	Capacidad Datos ING	GBPS					
	CAPACIDAD VOZ EQUIPO	Erlangs					
	Capacidad Voz ING	Erlangs					

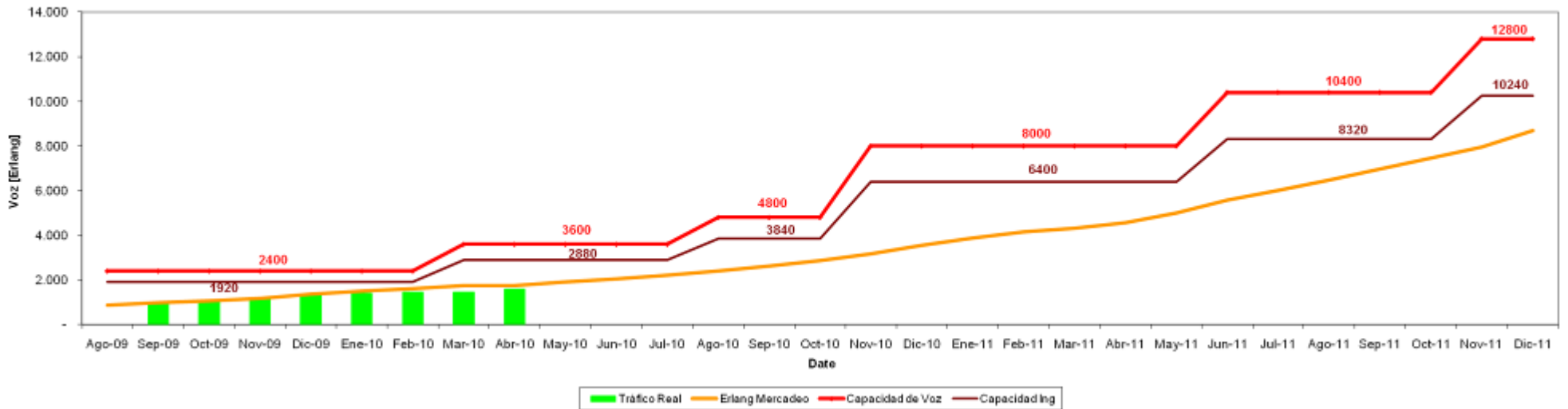
TABLA V: ESTADISTICAS DE PROYECCION DE DESPLIEGUE

Ene-10	Feb-10	Mar-10	Abr-10	May-10	Jun-10	Jul-10	Ago-10	Sep-10	Oct-10	Nov-10	Dic-10
			0,60	0,66	0,73	0,79	0,86	0,93	1,00	1,07	1,15
0,21	0,33	0,38	0,40								
				0,44	0,49	0,54	0,58	0,63	0,67	0,72	0,76
1.503,94	1.596,12	1.743,81	1.745,64	1.895,37	2.053,45	2.220,58	2.410,07	2.610,78	2.861,00	3.168,79	3.557,23
1.401,00	1.452,00	1.457,00	1.578,00								
				1.660,57	1.760,82	1.861,07	1.961,32	2.061,57	2.161,82	2.262,07	2.362,32
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
900	900	1350	1350	1350	1350	1350	2250	2250	2250	3150	3150
16000	16000	24000	24000	24000	24000	24000	32000	32000	32000	40000	40000
85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	80,00%	80,00%
15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	20,00%	20,00%
0,77	0,77	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,91	1,91	1,91	2,52	2,52
0,61	0,61	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	1,53	1,53	1,53	2,02	2,02
2.400,00	2.400,00	3.600,00	3.600,00	3.600,00	3.600,00	3.600,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	8.000,00	8.000,00
1.920,00	1.920,00	2.880,00	2.880,00	2.880,00	2.880,00	2.880,00	3.840,00	3.840,00	3.840,00	6.400,00	6.400,00

Ene-11	Feb-11	Mar-11	Abr-11	May-11	Jun-11	Jul-11	Ago-11	Sep-11	Oct-11	Nov-11	Dic-11
1,53	1,61	1,70	1,80	1,90	2,00	2,09	2,18	2,27	2,37	2,48	2,60
0,81	0,85	0,90	0,94	0,99	1,03	1,08	1,13	1,17	1,22	1,26	1,31
3.885,52	4.156,40	4.326,08	4.563,65	5.004,92	5.562,36	6.024,48	6.487,20	6.957,49	7.459,67	7.966,40	8.681,17
2.462,57	2.562,82	2.663,07	2.763,32	2.863,57	2.963,82	3.064,07	3.164,32	3.264,57	3.364,82	3.465,07	3.565,32
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
3150	3150	3150	3150	3150	4250	4250	4250	4250	4250	5350	5350
40000	40000	40000	40000	40000	52000	52000	52000	52000	52000	64000	64000
80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%	80,00%
20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,00%
2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	4,28	4,28
2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	3,42	3,42
8.000,00	8.000,00	8.000,00	8.000,00	8.000,00	10.400,00	10.400,00	10.400,00	10.400,00	10.400,00	12.800,00	12.800,00
6.400,00	6.400,00	6.400,00	6.400,00	6.400,00	8.320,00	8.320,00	8.320,00	8.320,00	8.320,00	10.240,00	10.240,00

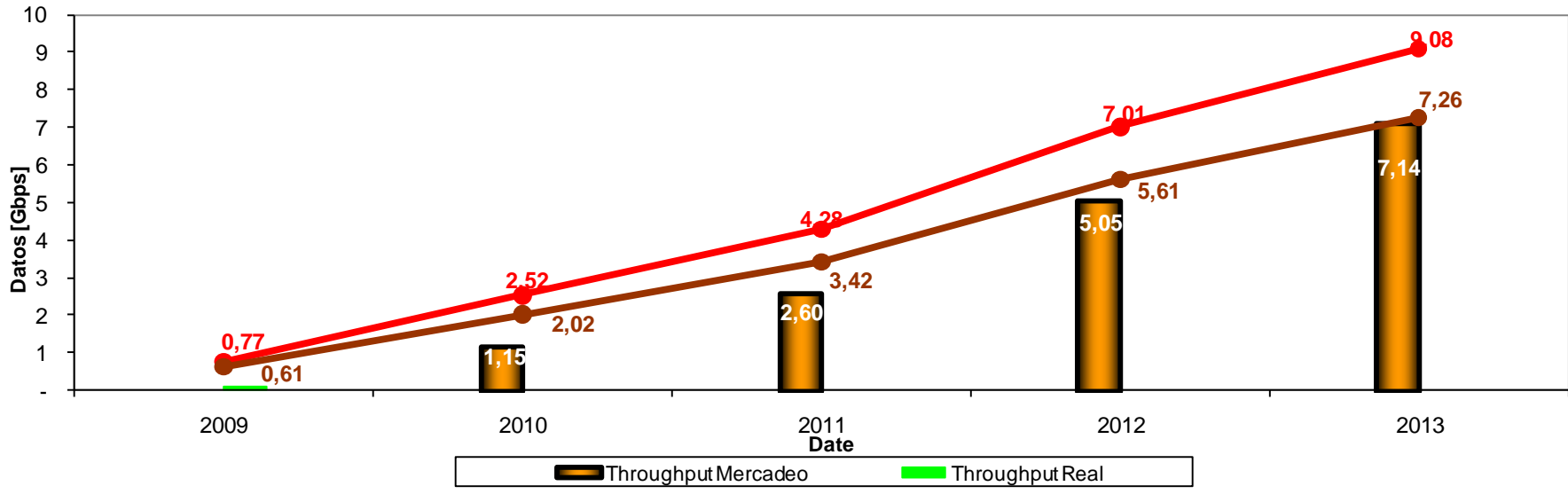


Tráfico&Capacidad de Voz en RNCs

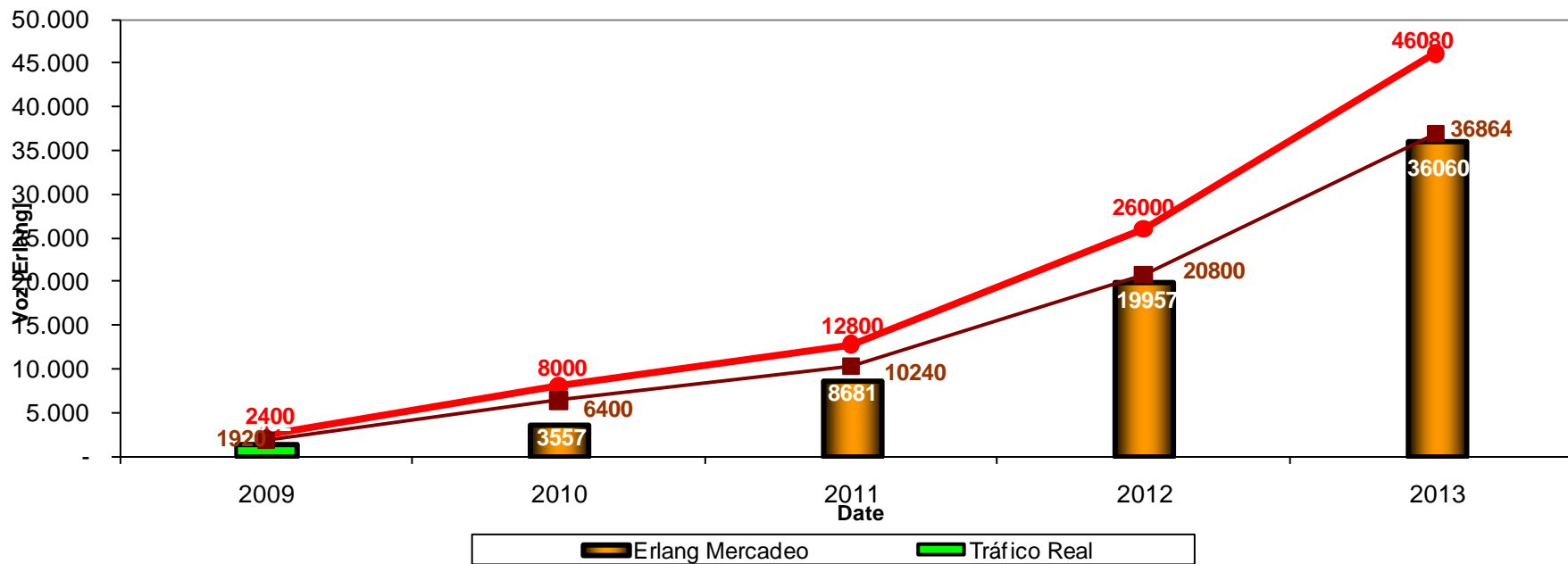


			Dic-09	Dic-10	Dic-11	Dic-12	Dic-13	
DATOS	Mercadeo	Througput requerido (Mbps)		1,15	2,60	5,05	7,14	
	Tráfico real	Througput (Mbps)	0,08					
VOZ	Mercadeo	ERLANGS	1.361,63	3.557,23	8.681,17	19.957,23	36.060,17	
	Tráfico real	ERLANGS	1.300,75					
CAPACIDAD	Límite Ingeniería		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
	Datos		900,00	3.150,00	5.350,00	9.350,00	13.350,00	
	Voz		16.000,00	40.000,00	64.000,00	104.000,00	144.000,00	
	Mix Share Data&Speech	Data [%]		85%	80%	80%	75%	68%
		Speech [%]		15%	20%	20%	25%	32%
	Capacidad Datos Equipo	GBPS	0,77	2,52	4,28	7,01	9,08	
	Capacidad Datos ING	GBPS	0,61	2,02	3,42	5,61	7,26	
	CAPACIDAD VOZ EQUIPO	Erlangs	2.400,00	8.000,00	12.800,00	26.000,00	46.080,00	
Capacidad Voz ING	Erlangs	1.920,00	6.400,00	10.240,00	20.800,00	36.864,00		

### Tráfico&Capacidad de Datos en RNCs



### Tráfico&Capacidad de Voz en RNCs



En tablas muestran los valores reales y proyecciones realizadas, para poder dimensionar la red se requieren datos los cuales se detallarán a continuación:

- **Trafico esperado:** Hace referencia a los valores proyectados una vez que se culmino el muestreo.
- **Trafico real:** Hace referencia a los valores tomados de un muestreo periódico durante 8 meses (Septiembre2009 – Abril 2010)
- **Limite de ingeniería:** Por seguridad cualquier equipo de telecomunicaciones no debe ser usado al borde de su saturación, para los equipos considerados en este proyecto (RNC Huawei) se considera un límite de ingeniería al 80% de su capacidad, siendo la capacidad total 16000 erlangs para voz y 900 Mbps en datos.
- **Mix Share Data&Speech:** Es porcentaje que se va a dimensionar el equipo tanto voz como para datos, en el proyecto dimensionamos 85% datos y 15% voz.
- **Capacidad Datos Equipo:** Es el 85% de capacidad de datos del equipo.



- **Capacidad Datos ING:** Es el resultado de la multiplicar de los valores de la capacidad de datos del equipo por el porcentaje limite de ingeniería.
- **Capacidad Voz ING:** Es el resultado de multiplicar los valores de la capacidad de voz del equipo por el porcentaje limite de ingeniería.

Las curvas que son el resultado de estos valores muestran el crecimiento del tráfico tanto de voz como de datos a su vez muestra cuando deberían instalarse equipos nuevos para poder dar servicios sin ningún problema.

El tráfico esperado siempre debe de estar por debajo de los límites de ingeniería, cada pendiente indica que se debe instalar un nuevo equipo.

### **RNC Huawei 2600**

A continuación mostraremos una breve explicación de la arquitectura del RNC:

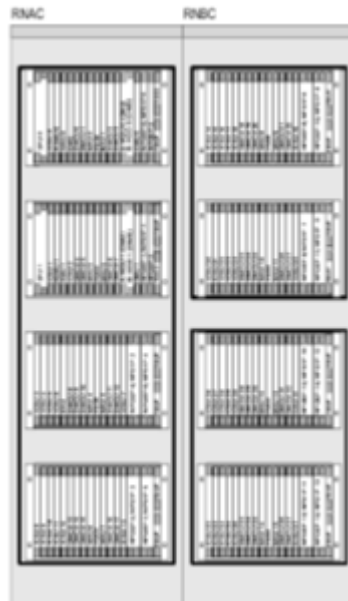


FIGURA 4-5 ESTRUCTURA DEL RNC

Un RNC está constituido por tres pasos, los cuales tienen capacidades diferentes los cuales mostraremos a continuación:

<b>HIGH CAPACITY RNC2600</b>	<b>PASO 1</b>	<b>PASO 2</b>	<b>PASO 3</b>
Number of subscribers	363 000	636 000	909 000
CS Busy hour call attempts	575 000	1 000 000	1 440 000
CS Erlangs	8 000	14 000	20 000
PS Busy hour call attempts	456 000	735 000	1 014 000
DL lub throughput Mbit/s	900	1 500	2 000
Number of carriers	1 440	2 100	2 800
Number of BTSs	1 440	2 100	2 800
RRC connected mode subscribers	100 000	152 000	200 000

TABLA VI: CAPACIDAD DEL RNC

El primer paso tiene una capacidad de 900 Mbps de datos y 8000 erlangs de voz, cuando se agrega el segundo paso este tendrá 1500 Mbps de datos y 14000 de voz, cuando se incorpora el último paso este tendrá 2000 Mbps para el tráfico de datos y 20000 erlangs para voz.

Concluyendo, este RNC posee la capacidad de transportar hasta 2000 Mbps de datos (1600 Mbps límite de ingeniería) y 20000 erlangs de voz (16000 erlangs límite de ingeniería), por tanto según el análisis realizado cuando el valor del tráfico esté a punto de superar el valor de la capacidad en primer instancia se deberá agregar un paso pero cuando este sobrepase la capacidad del equipo (los 3 pasos) entonces se deberá proceder a instalar otro RNC.

Según la proyección realizada, en el periodo (septiembre 2009 y diciembre 2011) se deberán agregar 5 pasos (pendientes positivas), lo que da 2 RNC, el primero utilizando los 3 pasos y el segundo utilizando 2, esto será suficiente para poder dar servicio de voz y datos sin inconvenientes.

Finalmente aplicando el mismo fundamento se realiza una proyección del crecimiento de la red hasta diciembre del 2013.

Para este despliegue no es necesario la construcción de nuevas radio estaciones debido a que la tecnología UMTS ofrece la facilidad de coexistir con las tecnologías anteriores (2g) por ende solo sería necesario la instalación de BTS para la colocación de los RNC.

Según la proyección dada, a futuro se necesitará de la implementación de una BTS la cual deberá contener dos módulos adicionales. A continuación se mostrará el procedimiento correcto para la instalación de la BTS, sus equipos y el respectivo cableado estructurado en el nodo según las normas anteriormente mencionadas.

### 3.6.3 Requerimiento de instalación del rack RNC

- Ubicación del rack RNC

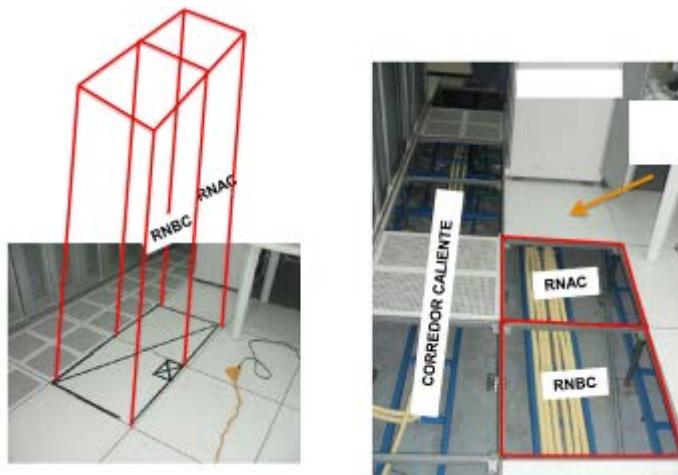


FIGURA 4-6 RACK RNC

- Para el anclaje del equipo se deben realizar perforaciones en la loza, puesto que el equipo no va

anclado al piso falso, este se coloca directamente a la loza a través de 8 tornillos.



FIGURA 4-7 INSTALACIÓN RNC

- El anclaje se realizará de la misma manera que un MGW y un RNC



FIGURA 4-8 FIJACIÓN RACK

➤ Planos de cable de energía

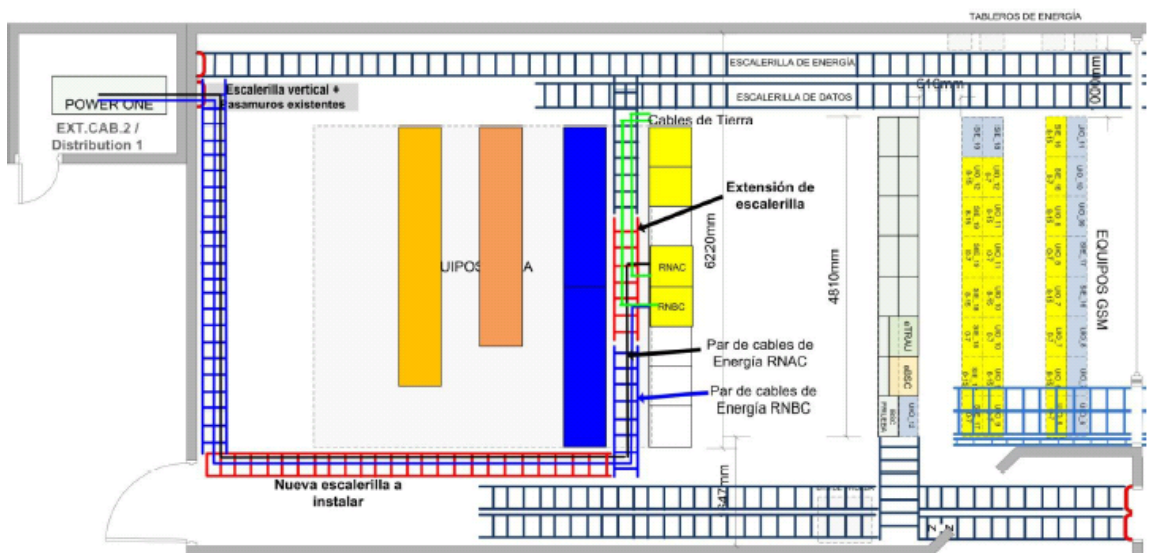


FIGURA 4-9 PLANOS PARA EL RACK DE FUERZA

- Los cables de energía de cada rack del nuevo RNC pasaran por la escalerilla ubicada en la parte posterior de la RNC (debajo del corredor)

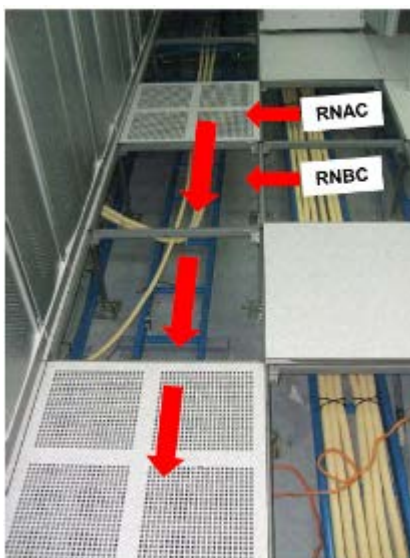


FIGURA 4-10 CABLE DE ENERGIA RECORRIDO HORIZONTAL (1)



FIGURA 4-11 CABLE DE ENERGIA RECORRIDO HORIZONTAL (2)

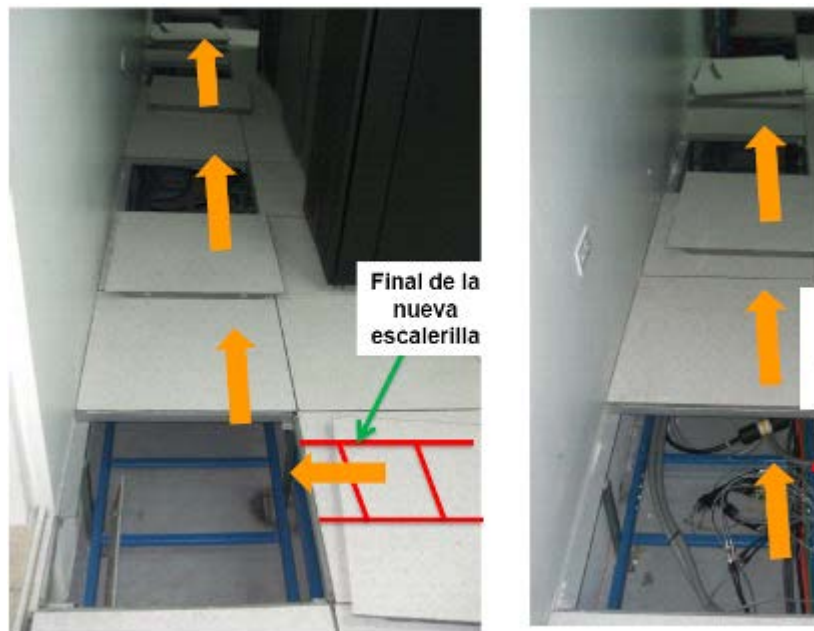


FIGURA 4-12 CABLE DE ENERGIA RECORRIDO HORIZONTAL (3)



- Los cables de energía de recorrido vertical



FIGURA 4-13 CABLE DE ENERGIA RECORRIDO VERTICAL

- Cable de tierra, se requiere un cable de 8 m, color verde o amarillo/verde de 50 mm de diámetro y terminales doble ojo.



FIGURA 4-14 CABLE DE TIERRA

- Barra de tierra, el cual se dispone de una barra de tierra junto a la RNC existente con posiciones libres.



FIGURA 4-15 BARRA DE TIERRA

- Cables de fibra óptica en el cuarto de equipos.



FIGURA 4-16 FIBRA OPTICA

- Interconexión de los equipos RNC y MGW



FIGURA 4-17 INTERCONEXION RNC Y MGW



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Conclusiones

1. El despliegue propuesto en este trabajo reduce la necesidad y los costos de contar con una infraestructura separada para la voz por conmutación de circuitos, por lo que asegura que la voz no sufra demoras y brinda, de este modo, una experiencia de calidad telefónica.
2. Se puede dimensionar el tráfico de voz y datos según las exigencias que los usuarios tengan sobre una celda.
3. La mayor probabilidad de desplegar una red UMTS en el Ecuador la tienen las ciudades de GYE o UIO, debido a las características de mercado actuales, que favorecen a la venta este tipo de servicios, en cuanto a clientes potenciales.

4. Actualmente necesitaríamos 3 módulos RNC para llevar a cabo la cobertura de toda la ciudad de Guayaquil en la que por cada Nodo B distribuiría 2E1, algo que por ahora soportaría todo el tráfico, la ubicación del concentrador debería ser el nodo que contemple las características y equipos necesarios para su coexistencia.
5. No es necesario tener línea de vista entre los nodos ya que este puede conectarse con estos a través de diferentes medios de transmisión ya sea microondas, fibra, radio enlaces o por cobre.
6. Las normas locales dan regulaciones y recomendaciones en cuanto a la infraestructura en exteriores mas no en la parte interna, para esto se presentó criterios de cableado estructurado tales como son el correcto cableado entre equipos, optimización de espacio en la instalación de un rack que contenga los concentradores e instalación de escalerillas para el paso de los cables y permitan mantener el correcto ordenamiento dentro de un nodo.
7. Con los datos obtenidos del muestreo y realizando la proyección hasta diciembre del 2011 podemos concluir que sería necesario la incorporación de 5 pasos adicionales, esto quiere decir que haremos uso de un RNC completo y otro utilizando solamente dos, con estos garantizaríamos la cobertura de la ciudad de Guayaquil en cuanto a tráfico de voz y datos.

## **RECOMENDACIONES**

1. Que las Administraciones Públicas adopten normativas oportunas para que se fijen límites únicos de exposición a campos electromagnéticos provenientes de estaciones base, de telefonía móvil o de otros equipos radioeléctricos. Estos límites únicos deberían estar referenciados a los establecidos en la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea, de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos.
2. La normativa específica que sobre las instalaciones de radiocomunicación se debe respetar los plazos y el procedimiento de referencia para proporcionar seguridad y certeza jurídica a las propias Administraciones Públicas, operadores y ciudadanos en general.
3. Que las Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, especifiquen una normativa dirigida a la instalación de infraestructuras de red de radiocomunicaciones, establezcan la obligación de los operadores de la presentación previa de un Plan Territorial de Infraestructuras, habida cuenta del importante flujo de información que se establece entre Administraciones Públicas y operadores.



4. Que las Administraciones Públicas promuevan la celebración de acuerdos con los operadores en lo relativo al establecimiento y determinación de las prohibiciones, limitaciones y cumplimiento de requisitos que se pueden exigir en la instalación de infraestructuras de radiocomunicaciones con vistas a reducir su impacto visual.
5. Que las Administraciones Públicas promuevan la celebración de acuerdos conjuntamente con los operadores en lo relativo a la compartición de las infraestructuras con el objeto de minimizar el impacto visual de las infraestructuras de radiocomunicaciones.
6. La compartición de infraestructuras sólo se llevará a cabo si es técnicamente viable y siempre que se respeten las normas básicas sobre la exposición a los campos electromagnéticos y evaluando las situaciones de efectos acumulativos.
7. Debe existir un plan de manejo ambiental el cual deberá contener una descripción de todas y cada una de las medidas necesarias para prevenir, controlar y mitigar los impactos significativos, así como un desarrollo de programas de manejo ambiental que permitan a las múltiples operadoras dar cumplimiento a la normativa ambiental vigente en el país.

# BIBLIOGRAFÍA

1. ARP - Sociedad para el avance del pensamiento crítico. "Antenas y Salud". [en línea]. [www.arp-sapc.org/articulos/antenas.html](http://www.arp-sapc.org/articulos/antenas.html). [Consulta: 12 de mayo, 2010]
2. Vicente Burillo Martínez, Leandro de Haro Ariet, José Ma. Herbando Rábanos. *"Sistemas de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación IMT-200 (UMTS)"*. Fundación Airtel Vodafone. 2002.
3. Catarina. *"Descripción del sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) y WCDMA"*. [en línea] [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/mayoral\\_p\\_e/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mayoral_p_e/capitulo3.pdf). [Consulta: 22 de mayo, 2010].
4. Proasetel. *"Organismos competentes en normas de exposiciones electromagnéticas"*. [en línea].

<http://www.proasetel.com/paginas/articulos/exposiciones.htm>.

[Consulta: 5 de mayo, 2010].

5. Guayaquil.gov.ec. Legislación Municipal. *“Reglamentos vigentes aprobados por la ilustre municipalidad de Guayaquil”*. [en línea]. [http://www.guayaquil.gov.ec/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=113&Itemid=130](http://www.guayaquil.gov.ec/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=113&Itemid=130). [Consulta: 6 de mayo, 2010]
6. Noticias Aecomo. *“Telefonía móvil: Impacto ambiental y social”*. [en línea]. <http://noticias.aecomo.org/salud-medioambiente/telefonía-móvil-impacto-ambiental-y-social/>. [Consulta: 4 de junio, 2010].
7. Medio Ambiente y Salud. *“Tecnología-wifi-efectos-genotóxicos”*. [en línea]. <http://ecosalta.blogspot.com/2009/10/tecnología-wifi-efectos-genotoxicos.html>. [Consulta: 11 de junio, 2010].
8. Umtsforum.net. *“Arquitectura UMTS”*. [en línea]. [http://www.umtsforum.net/mostrar\\_articulos.asp?u\\_action=display&u\\_log=57](http://www.umtsforum.net/mostrar_articulos.asp?u_action=display&u_log=57). [Consulta: 19 de mayo, 2010].
9. José Guzmán. *“3GPP Sinergia Convergente”*. [en línea]. <http://generaciondigitalrd.wordpress.com/2010/02/22/3gpp-sinergia-convergente/>. [Consulta: 19 de mayo, 2010].

10. UIT. *“Normas límite de calidad de transmisión en la transmisión de datos”*. [en línea]. <http://www.itu.int/opb/sector.aspx?lang=es&sector=2> [Consulta: 19 de mayo, 2010].
11. Datasheet HUAWEI RNC2600. *“RNC2600 Product Description”*. Mayo del 2008.
12. Movistar. *“Guía de usuario para instalación umts nodo b”*. julio del 2008.
13. X. Gelabert, J. Pérez-Romero, O. Sallent, R. Agustí. *“Congestion Control Strategies in Multi-Access Networks”*. [en línea]. [http://s3.amazonaws.com/publicationslist.org/data/xavier.gelabert/ref-6/ISWCS06\\_congestion\\_control.pdf](http://s3.amazonaws.com/publicationslist.org/data/xavier.gelabert/ref-6/ISWCS06_congestion_control.pdf). [Consulta: 3 de junio, 2010].
14. Arturo Vera. *“Sistemas celulares de tercera generación”*. [en línea]. <http://www.monografias.com/trabajos15/telefonía-celular/telefonía-celular.shtml>. [Consulta: 17 de julio, 2010].
15. J. Laiho, A. Wacker, T. Novosad, ed., *“Radio network planning and optimisation for UMTS”*, Chichester: John Wiley & Sons, 2002.
16. Jelsoft Enterprises Ltd. *“Definiciones UMTS”*. [en línea]. <http://www.laneros.com/archive/index.php/t-39619.html>. [Consulta: 5 de julio, 2010].

17. Umts-world. *“UMTS Capacity Planning”*. [en línea].  
<http://www.umtsworld.com/technology/capacity.htm>. [Consulta: 8 de junio, 2010].
18. Revista Judicial. *“Reforma de gestión ambiental ECUADOR”*. [en línea].  
[http://www.derechoecuador.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=4065&Itemid=418](http://www.derechoecuador.com/index.php?option=com_content&task=view&id=4065&Itemid=418). [Consulta: 13 de mayo, 2010].